



TREBALL FINAL DE GRAU



ESCOLA
POLITÈCNICA SUPERIOR
UNIVERSITAT DE LLEIDA
INSPIRING THE FUTURE

Estudiant: Jorge Llombart Estopiñán

Titulació: Grau en Arquitectura Tècnica i Edificació

Títol de Treball Final de Grau: **Rehabilitación energética de un hostel**

Director/a: **Jérôme Barrau**

Presentació

Mes: Juliol

Any: 2018

ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| 1. RESUMEN /SINTESIS | 5 |
| 2. AUTOR /TUTOR | 6 |
| 2.1. AUTOR _ JORGE LLOMBART ESTOPIÑÁN..... | 6 |
| 2.2. TUTOR _ JEROME BARRAU | 6 |
| 3. OBJETIVOS | 7 |
| 3.1. OBJETIVOS GENERALES | 7 |
| 3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 7 |
| 4. METODOLOGÍA | 9 |
| 4.1. BÚSQUEDA DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN Y NORMATIVA | 10 |
| 4.2. OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN DEL EDIFICIO BASE | 10 |
| 4.3. ANÁLISIS..... | 10 |
| 4.4. DIAGNOSIS | 10 |
| 4.4.1. PROGRAMA DE SIMULACIÓN ENERGÉTICA | 10 |
| 4.5. ACTUACIÓN CUMPLIMIENTO CTE (CASO I)..... | 11 |
| 4.6. ACTUACIÓN CUMPLIMIENTO PASSIVHAUS (CASO II) | 11 |
| 4.7. ESTUDIAR EL SISTEMA DE CAPTACIÓN SOLAR PARA GENERAR ENERGÍA (CASO III) | 12 |
| 4.8. RESULTADOS | 12 |
| 4.9. CONCLUSIONES..... | 12 |
| 5. ESTADO DEL ARTE | 13 |
| 5.1. ANTECEDENTES EN LA EDIFICACIÓN | 13 |
| 5.1.1. EVOLUCIÓN EDIFICACIÓN EN LOS ÚLTIMOS CUARENTA AÑOS | 13 |
| 5.1.2. SITUACIÓN ACTUAL EDIFICACIÓN EN ESPAÑA | 13 |
| 5.1.3. CONTEXTO EUROPEO..... | 15 |
| 5.2. MARCO NORMATIVO..... | 17 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 5.2.1. | MARCO REGULATORIO EDIFICACIÓN -ENERGÍA EN ESPAÑA. | 18 |
| 5.2.2. | ESTÁNDAR PASSIVHAUS. | 26 |
| 5.2.3. | ENERGÍAS RENOVABLES..... | 32 |
| 5.3. | INVESTIGACIONES DE REFERENCIA..... | 33 |
| 5.4. | TENDENCIAS O PREVISIONES | 35 |
| 6. | DESARROLLO DEL PROYECTO | 37 |
| 6.1. | METODOLOGÍA DEL PROYECTO. | 38 |
| 6.2. | UBICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y CONSIDERACIONES DE PARTIDA DEL EDIFICIO. | 40 |
| 6.3. | EDIFICIO CASO 0..... | 46 |
| 6.3.1. | ANÁLISIS | 47 |
| 6.3.2. | DATOS ENERGÉTICOS DE LA SIMULACIÓN..... | 49 |
| 6.3.3. | CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO. | 52 |
| 6.4. | EDIFICIO CASO I (CUMPLIMIENTO CTE) | 52 |
| 6.4.1. | SOLUCIONES APLICADAS EN LA REHABILITACIÓN (CUMPLIMIENTO CTE) | 53 |
| 6.4.2. | DATOS ENERGÉTICOS DE LAS SIMULACIÓN | 55 |
| 6.4.3. | CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO. | 57 |
| 6.4.4. | ANÁLISIS DE RESULTADOS RESPECTO AL CASO 0. | 59 |
| 6.5. | EDIFICIO CASO II..... | 60 |
| 6.5.1. | CRITERIOS PASSIVHAUS | 60 |
| 6.5.2. | SOLUCIONES APLICABLES EN LA REHABILITACIÓN | 62 |
| 6.5.3. | DATOS ENERGÉTICOS DE LA SIMULACIÓN..... | 64 |
| 6.5.4. | CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO. | 69 |
| 6.5.5. | ANÁLISIS DE RESULTADOS RESPECTO AL CASO 0. | 70 |
| 6.6. | EDIFICIO CASO III..... | 71 |
| 6.6.1. | CRITERIOS PASSIVHAUS | 71 |
| 6.6.2. | SOLUCIONES APLICABLES EN LA REHABILITACIÓN | 71 |
| 6.6.3. | DATOS ENERGÉTICOS DE LA SIMULACIÓN..... | 73 |
| 6.6.4. | CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO. | 74 |
| 6.6.5. | ANÁLISIS DE RESULTADOS RESPECTO AL CASO 0. | 75 |
| 6.7. | VALORACIÓN ECONÓMICA Y RETORNO DE LA INVERSIÓN. | 76 |
| 6.8. | GENERACIÓN ENERGÍA SOLAR..... | 78 |

| | | |
|------------|--|------------|
| 6.8.1. | PROPUESTA Y CÁLCULO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA..... | 78 |
| 6.8.2. | PROPUESTA Y CÁLCULO DE INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA. | 80 |
| 6.8.3. | VALORACIÓN ECONÓMICA..... | 81 |
| 6.9. | COMPARATIVA ENTRE LOS CASOS..... | 81 |
| 7. | RESULTADOS | 85 |
| 8. | CONCLUSIONES | 88 |
| 9. | AGRADECIMIENTOS | 92 |
| 10. | BIBLIOGRAFÍA | 93 |
| 11. | INDICE DE FIGURAS | 96 |
| 12. | INDICE DE TABLAS | 99 |
| 13. | ANEXOS | 101 |
| | | |
| ANEXO 1. | PLANOS Y FOTOGRAFÍAS DEL EDIFICIO. | 101 |
| ANEXO 2. | RESULTADOS SIMULACIONES..... | 111 |
| ANEXO 3. | FOTOGRAFÍAS REALES REHABILITACIÓN..... | 123 |
| ANEXO 4. | PRESUPUESTOS. | 139 |
| ANEXO 5. | RESULTADOS SOFTWARE SAM. | 153 |
| ANEXO 6. | CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA..... | 155 |

1. RESUMEN /SINTESIS

El sector residencial en España supone, en 2013 una quinta parte del consumo de energía final en el balance anual por sectores y una cuarta parte en Europa. Dado que el parque edificatorio en España hasta 2011 se compone de 25 millones de viviendas, parece que la rehabilitación de viviendas se muestra como una necesidad y una oportunidad de futuro inmediato. Aunque el sector terciario supone el 50 % de los metros construidos con respecto al sector residencial, su consumo energético es el 35 % del total. La ineficiencia existente en las edificaciones construidas hasta el año 2006 (90 % del parque edificatorio residencial), nos muestran sus consecuencias medioambientales con su correspondiente efecto en el cambio climático.

Con este trabajo se pretende estudiar un edificio terciario dedicado al alojamiento temporal (hostal), ubicado concretamente en Alcañiz, y mostrar los resultados obtenidos tras varias propuestas de rehabilitación realizadas con la intención de mejorar sus resultados energéticos y las condiciones de confort e higiene durante su vida útil. Estas propuestas han sido simuladas mediante 2 software de simulación lo que a su vez nos permitirá también comparar los resultados desde 2 aplicaciones informáticas distintas.

Se propondrán varios casos según se apliquen unas variables u otras para conformar las propuestas de rehabilitación, intentando cumplir el CTE y alcanzar los criterios del Estándar Passivhaus con el objetivo de compararlos a nivel de aplicación normativa, de demandas y consumos energéticos, emisiones de CO₂, coste económico y retorno de la inversión en cada uno de los casos propuestos.

Además en uno de estos casos también se plantea un sistema de generación de energía fotovoltaica y térmica en el propio edificio para ver qué resultados tiene en el edificio a nivel de demanda energética, de consumo energético y de nivel de emisiones.

Se pretende comprobar que supone ir más allá del cumplimiento normativo vigente para rehabilitación, en aras de conseguir grandes ahorros y ganancias, mejor calidad de vida e inversiones rentables con menores costes de mantenimiento o uso.

2. AUTOR /TUTOR

2.1. Autor **Jorge Llombart Estopiñán**

Estudiante del Grado de Arquitectura Técnica de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Lérida

2.2. Tutor **Jerome Barrau**

Profesor del Departamento de Medio Ambiente y Ciencias del Suelo de la Universidad de Lérida.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivos generales

El objetivo general es hacer una Rehabilitación energética de un hostel existente con diferentes propuestas, consistente en una renovación tanto interior como exterior, para alcanzar unas condiciones de habitabilidad y confort adecuadas para el uso, mejorando su comportamiento energético.

3.2. Objetivos específicos

Saber los antecedentes del edificio y su estado en la actualidad. Conocer la situación energética actual del edificio y sus necesidades.

Una vez planteada una propuesta de rehabilitación del edificio que dé cumplimiento a la normativa de aplicación actual en España a nivel energético, hacer simulaciones energéticas y un estudio económico del coste que supone ese caso I de rehabilitación.

Como segunda opción proponer una rehabilitación que vaya más allá de la normativa mediante actuaciones que siguen los conceptos del estándar Passivhaus con la intención de obtener las mínimas pérdidas energéticas. Comprobar hasta donde se pueden minimizar dichas pérdidas y efectuar un estudio económico de este caso (II) de rehabilitación al igual que en el caso I

En una tercera opción, además de las medidas establecidas en el caso II se propone la implantación de un sistema de generación de energía fotovoltaica para el hostel. Aunque las pérdidas energéticas sean las mismas que en el caso II, se efectúa un estudio económico de este caso (III) de rehabilitación al igual que en los casos anteriores

Tras los resultados obtenidos de las simulaciones del edificio en los tres casos, se compararán los resultados energéticos así como los económicos con el objeto de ver que incremento económico supone un tipo de actuación u otro y en cuanto tiempo se

produciría el retorno de la inversión según el ahorro que de estas rehabilitaciones se obtiene tanto a nivel energético como a nivel de emisiones de CO₂.

El alcance de estos objetivos se aplica a la fase de su vida útil.

4. METODOLOGÍA

El proceso metodológico a aplicar en este estudio de caso para determinar si las soluciones de rehabilitación a realizar cumplen con los objetivos mencionados, será el que se muestra a continuación:

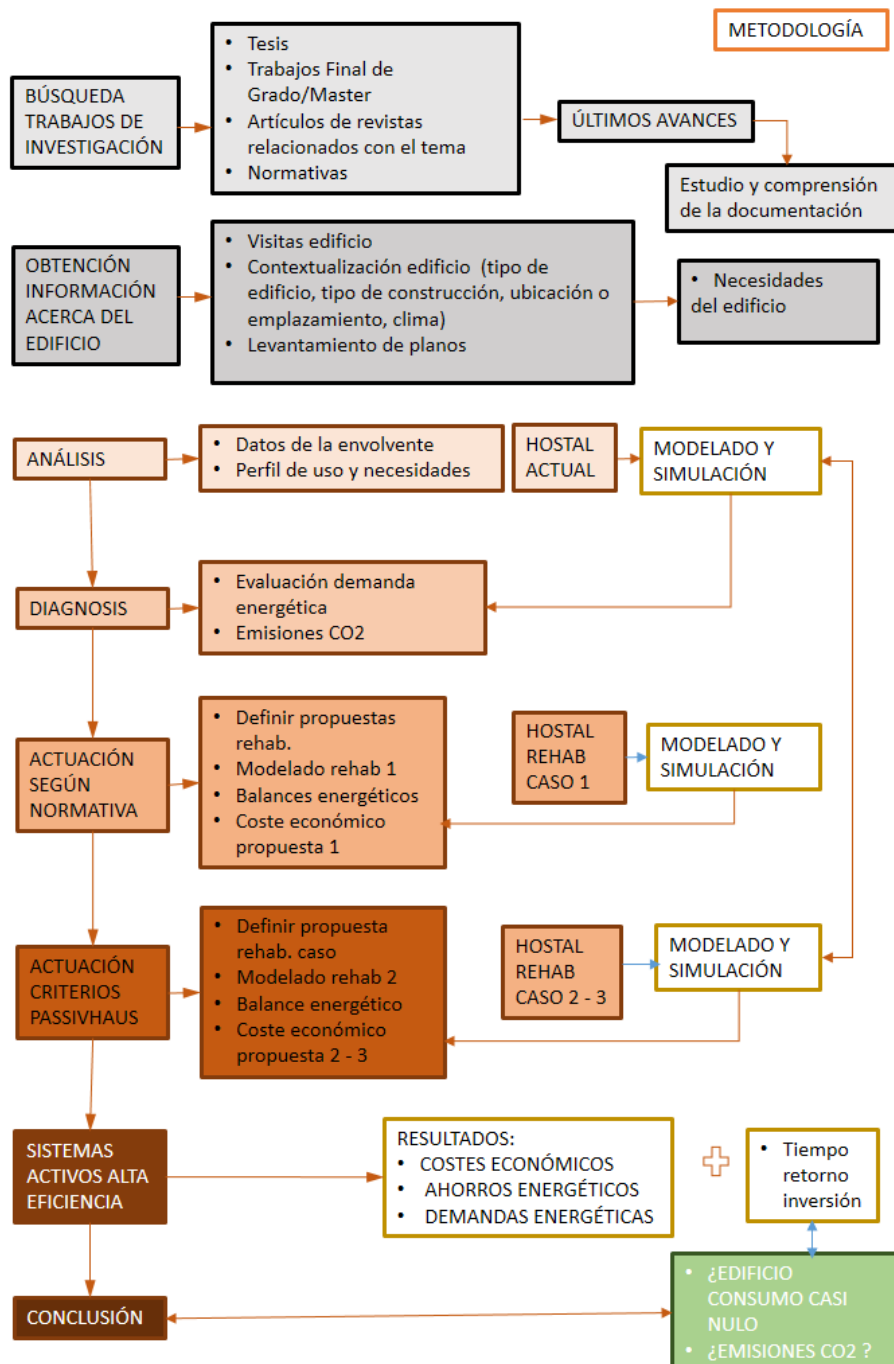


Fig. 1. Esquema metodología a seguir. Fuente: Elaboración propia.

4.1. Búsqueda de trabajos de investigación y normativa

Se buscan trabajos recientes sobre áreas relacionadas con la temática de este informe como son eficiencia energética, rehabilitación de vivienda colectiva, hermeticidad en los edificios, edificación passivhaus, emisiones de CO2 etc. Para ello se consultan ponencias, tesis doctorales, proyectos de final de master, revistas y normativas relacionadas con el tema.

4.2. Obtención de información del edificio base

Se realizan visitas al edificio y se estudia el tipo de edificio, construcción, ubicación, clima y en general todas las características y datos que nos ayuden a comprenderlo. Se dibujan los diferentes planos del edificio.

4.3. Análisis

Se analizarán todos los datos de la envolvente en cuanto a definición de cerramientos opacos y transparentes, particiones interiores, aislamientos y acabados. También se analizará un perfil de uso basado en el uso al que se destina.

4.4. Diagnosis

Mediante un modelado del edificio se obtendrán datos energéticos que servirán para hacer un diagnóstico del estado actual del edificio. De esta forma se pueden plantear propuestas de actuación en función de las ganancias, pérdidas y demandas que tiene el edificio.

4.4.1. Programa de simulación energética

Para analizar energéticamente el edificio actual se utilizará la simulación energética como método que proporciona resultados más reales. Con la normativa vigente en España, HULC es un programa informático destinado a la calificación energética de los edificios y a la verificación de la exigencia de limitación de demanda energética (HE1), sin embargo la normativa admite otros programas homologados a estos.

En base a esto se utilizará HULC para calcular el edificio de referencia y obtener las emisiones de CO₂ de cada escenario. El software CYPECAD MEP, se utilizará para modelar el edificio actual y realizar las diferentes simulaciones, tanto del estado actual como de las propuestas. Este es un programa para el diseño y dimensionamiento de la envolvente, la distribución y las instalaciones del edificio sobre un modelo 3D integrado con los distintos elementos del edificio. Con este programa comprobamos el cumplimiento del HE-1 así como la demanda de calefacción y refrigeración del edificio.

4.5. Actuación cumplimiento CTE (caso I)

Se definirá el tipo de rehabilitación a llevar a cabo ajustándonos a lo que actualmente exige la normativa, concretamente el CTE.

El criterio a seguir será plantear el hostel como si fuera nuevo y cumplir con el ahorro establecido en la normativa según el edificio de referencia mediante actuaciones (principalmente) en los sistemas activos del hostel.

Se simulará este escenario de rehabilitación con CYPECAD MEP y también con HULC para ver si se obtienen resultados similares. Se obtendrán las emisiones de CO₂ y se calculará el coste económico que supone.

4.6. Actuación cumplimiento Passivhaus (caso II)

Se pondrán actuaciones en los sistemas pasivos que sean susceptibles de modificación, como pueda ser la reducción de la radiación, incremento de protección solar, incremento de la inercia térmica, el grado de aislamiento y hermeticidad. En cuanto a sistemas activos se actuará en sistemas de ventilación mecánica controlada con recuperación de calor, sistemas de refrigeración-calor y en la generación de ACS. Dentro de esta propuesta que sigue criterios Passivhaus se establecerán las medidas que se puedan llevar a cabo tanto desde el punto de vista urbanístico y económico.

Las simulaciones del edificio obtenido tras la aplicación de esta solución se realizará con CYPECAD MEP y HULC, se obtendrán las emisiones de CO₂ y se calculará el coste económico que supone.

No se aplicarán algunas condiciones de contorno utilizadas tal y como marca el estándar passivhaus para el cálculo con PHPP (T^a interior de diseño, ganancias internas de humedad o índices de ocupación). En su lugar, se utilizarán las definidas por el CTE ya que el software CYPECAD MEP sólo permite utilizar las marcadas por dicha normativa.

4.7. Estudiar el sistema de captación solar para generar energía (caso III)

Se estudiará un sistema de captación solar para generar energía fotovoltaica que abastezca al edificio y sus necesidades como parte de la rehabilitación.

Se estudiará el número de paneles fotovoltaicos que se podrían instalar en función de la superficie disponible de cubierta, la orientación, las sombras arrojadas, etc y se calcularán los KWh que se pueden generar mediante un sistema conectado a la red. Se calculará el coste económico del sistema, el ahorro en el consumo de energía y la reducción en emisiones de CO₂ que esta generación de energía supondría en el consumo total del edificio.

Para calcular la energía fotovoltaica generada por el sistema se utilizará el software SAM versión 2015.1.30. Para calcular la energía solar térmica generada se utilizará el software Cypecad Mep.

4.8. Resultados

Tras realizar una comparativa de los diferentes escenarios se mostrarán los resultados y las conclusiones específicas de dichas comparativas.

4.9. Conclusiones

Tras obtener los resultados de los casos de estudio de rehabilitación se expondrán las conclusiones generales del trabajo.

5. ESTADO DEL ARTE

Este estado del arte pretende exponer la muestra o investigación documental realizada para obtener conocimientos sobre la rehabilitación de edificios residenciales comunitarios de forma altamente eficiente y con consumos nulos o casi nulos, posibilitando una comprensión amplia y crítica en este campo a fin de generar nuevos conocimientos que me permita adoptar o desarrollar una visión teórica global a partir de la interpretación y análisis de documentos existentes.

Para ello se estructura este apartado en los siguientes puntos:

5.1. Antecedentes en la edificación

5.1.1. Evolución edificación en los últimos cuarenta años

A principios de la década de los 70, España tenía uno de los parques de vivienda de menor tamaño comparado con países europeos como Finlanda, Irlanda, Alemania, Holanda, Francia, Reino Unido, Dinamarca y Suecia. 313 viviendas por cada 1000 habitantes. En 2005, el parque de viviendas en España es mayor que en todos ellos.

Desde la década de los 70 hasta el año 2007 se han construido en España 9,3 millones de viviendas. (Escuela técnica Superior de Arquitectura de Madrid-UPM, 2009)

5.1.2. Situación actual edificación en España

A finales del año 2013 existen en España 23,1 millones de viviendas y un total de 3 283 millones de m² de superficie construida mientras que en edificación no residencial existen 11,9 millones de edificios y un total de 1 993 millones de m² de superficie construida (Fomento, Junio 2014).

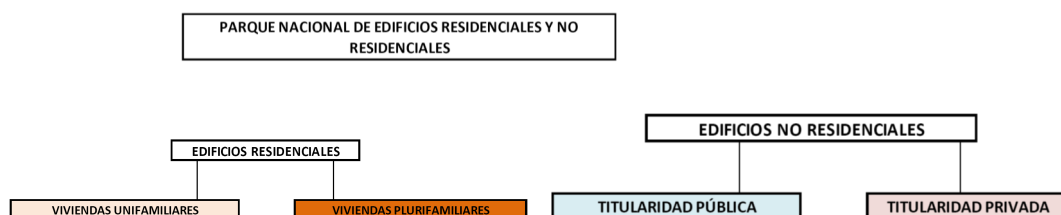


Fig. 2. Esquema parque nacional edificatorio. Fuente: (MINISTERIO DE FOMENTO, 2014).

Según el censo de población y vivienda 2011, el 56,95 % de los inmuebles del parque edificatorio residencial español se construyeron antes de 1979, el 34,53% se construyeron entre 1980 y 2005 y el 8,52 % se construyó a partir de 2006. (Departamento de Energética Edificatoria. Centro Nacional de Energías Renovables, Agosto 2014). Atendiendo a estos datos más del 90% de la edificación residencial en España es anterior al CTE, lo que implica inexistencia o un bajo nivel de aislamiento. Aunque el uso de este edificio esta englobado dentro del sector no residencial uso terciario, este hostel forma parte de un grupo de bloques de viviendas construido en 1990 dentro de las características constructivas típicas de la época. En 2006 aparece el CTE y en 2013 se actualiza aumentando las exigencias a nivel de demanda energética y confort térmico y en 2007 y 2013 se aprueban normativas para regular el procedimiento de certificación energética y el RITE. En 2015 se regulan las condiciones de suministro eléctrico con autoconsumo y en 2016 se aprueba el RD referente a auditorías energéticas. Todas estas normativas se desarrollan en el apartado 4.2. “marco normativo” de este informe.

Según el Ministerio de Fomento 2014 el sector terciario a pesar de tener menos edificios que el sector residencial (con una superficie menor), supone el 35 % del consumo de energía del país dentro de lo que es edificación. (Fomento, Junio 2014)

El CENER junto con el Gobierno de España y el fondo Social Europeo publicaron en 2014 los resultados de un estudio sobre el parque edificado en España hasta el mismo año 2011 para explorar estrategias que permitan transformarlos en edificios de menor consumo, valorando el ahorro energético y el esfuerzo económico para conseguirlo (CENER; Gobierno de España; Fondo Social Europeo;, 2014).

De dicha investigación se obtuvo que para los casos tomados como base de la edificación residencial construida entre los años 60-70, los mayores consumos en calefacción son en la zona D. Para un edificio unifamiliar son de >140 kwh/m²a y para uno plurifamiliar > de 80 kwh/m²a. Los consumos de refrigeración más elevados se dan en edificios ubicados en la zona 4 donde para edificios unifamiliares > 40 kwh/m²a y para los plurifamiliares >20 kwh/m²a. También se llegó a la conclusión de que se puede llegar a ahorros energéticos de 85-90 % mediante rehabilitaciones integrales aunque

para llegar a dichos ahorros el coste supera el 150 % del coste de una reforma sin mejora energética. (CENER; Gobierno de España; Fondo Social Europeo;, 2014)

A diferencia con el sector residencial, el sector terciario está mucho más familiarizado con las medidas de eficiencia energética, aunque las inversiones en eficiencia energética de este sector buscan el retorno casi inmediato, lo que determina su naturaleza poco profunda. Puede afirmarse que muchas de las barreras que actualmente impiden un enfoque óptimo en los edificios del sector residencial español también aparecen en el sector no residencial. (Fomento, Junio 2014).

5.1.3. Contexto europeo

En la Unión Europea, el libro verde (Comisión de las Comunidades Europeas, 2006) estima que el sector residencial y terciario supone más del 40 % de la energía final del consumo en la comunidad.

Según el proyecto europeo de referencia internacional para la mejora de la eficiencia energética en edificios (Fundación SAN VALERO; Unión Europea, Programa de Aprendizaje Permanente de la , 2013-2015), el reparto de energía según los cuatro grandes sectores de consumo en Europa en 2011 es el que muestra la figura

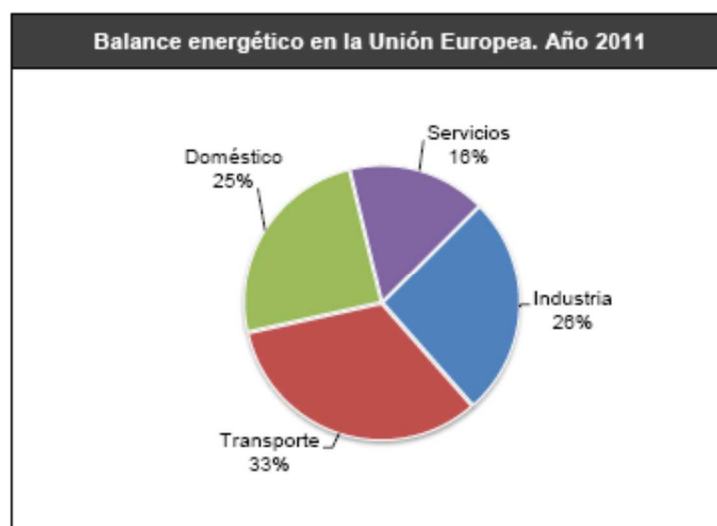


Fig. 3. Diagrama % de consumo energético por sectores. Fuente: (Fundación SAN VALERO; Unión Europea, Programa de Aprendizaje Permanente de la , 2013-2015)

Además de este reparto se muestran en el proyecto otros datos interesantes como por ejemplo que la mayoría de los países europeos (2011) son energéticamente dependientes de recursos externos, ya el 53,3 % de la energía utilizada es importada. La Unión Europea (2011) consume un 16% de la energía mundial detrás de los países americanos pertenecientes a la OCDE y China.

También muestra como la ineficiencia energética tiene impactos negativos en el desarrollo sostenible lo que se traduce en repercusiones económicas, sociales y medioambientales y en una merma de la calidad de vida en la tierra.

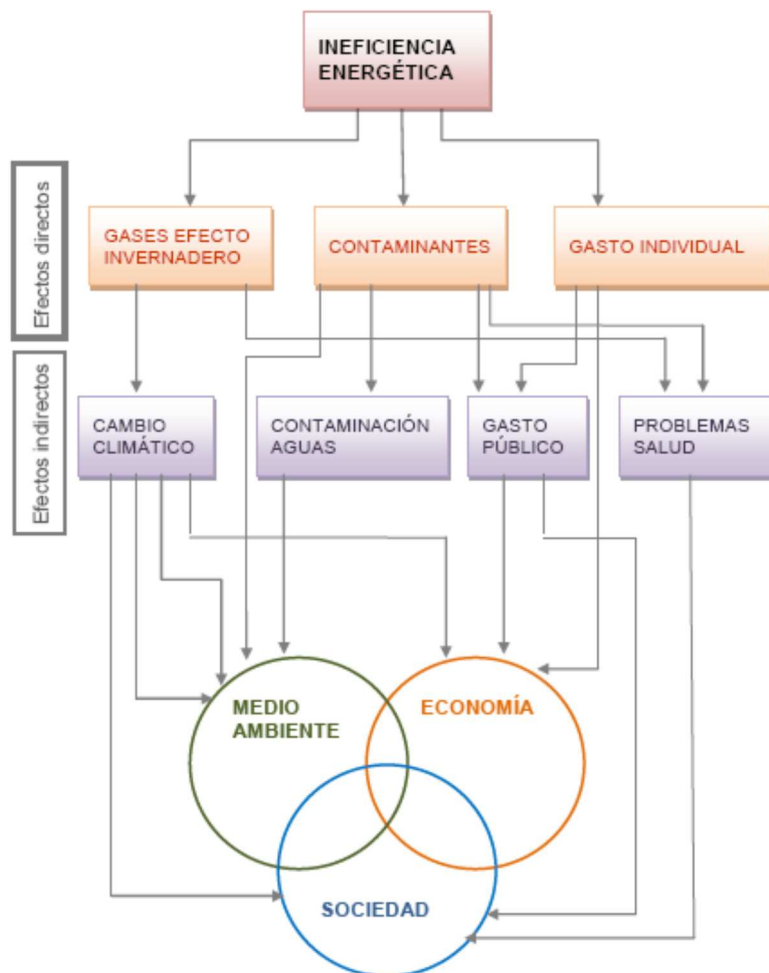


Fig. 4. Diagrama de interrelaciones y repercusiones de la ineficiencia energética. Fuente: (Fundación SAN VALERO; Unión Europea, Programa de Aprendizaje Permanente de la , 2013-2015)

5.2. Marco normativo

La preocupación a nivel de la Unión Europea lleva a tomar ciertas medidas para la reducción del consumo de energía en el sector de la construcción y la edificación con intención de reducir la dependencia energética y las emisiones de gases de efecto invernadero.

La Agencia Internacional de la Energía (AIE) creada por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) declaró que la eficiencia energética ha de ser una de las claves para recortar dos terceras partes de la intensidad energética de la economía mundial en 2050.

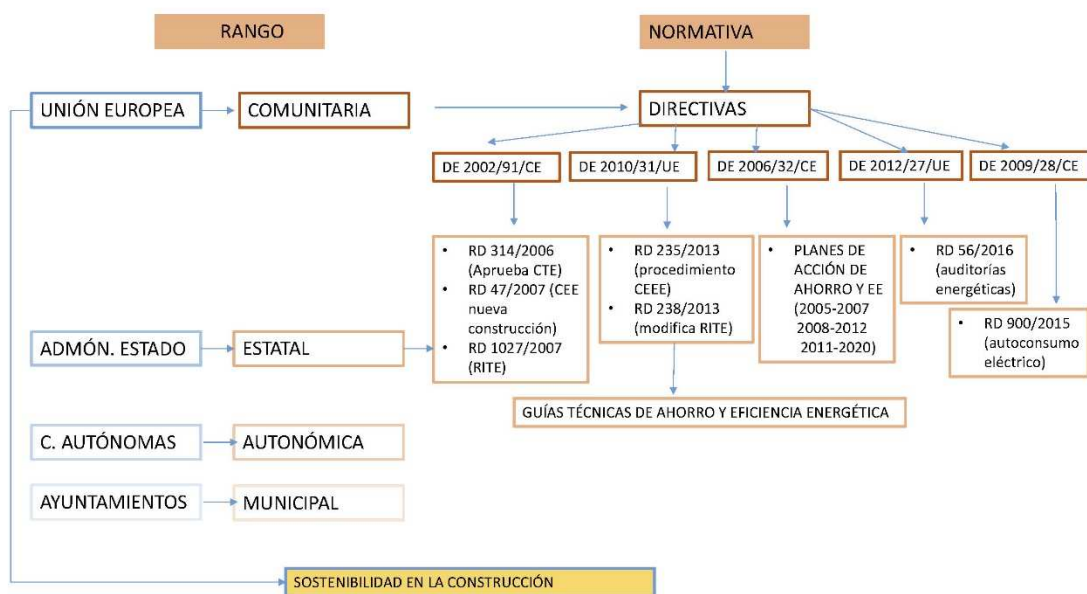


Fig. 5. Esquema jerarquía normativa. Fuente: Elaboración propia

La Directiva Europea 2002/91 CE (Parlamento europeo, 2002) puso de relieve que los edificios tendrían un impacto a largo plazo respecto al cambio climático, posteriormente la Directiva 2010/31/UE (Parlamento europeo, 2010) dijo que los nuevos edificios de titularidad pública serán Edificios de Energía Casi Nula (EECN) en 2018 y los de titularidad privada en 2020. El objetivo es reducir un 20 % las emisiones de gases efecto invernadero, mejorar un 20 % la eficiencia energética y consumir un 20 % de energías renovables. En 2013 se presentó el informe sobre la Hoja de Ruta de la

energía para 2050 que va más allá indicando que en 2030 se deben reducir las emisiones un 40 %, en 2040 un 60 % y en 2050 un 80 % por debajo de los niveles de 1990. (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medioambiente, s.f.)

5.2.1. Marco regulatorio edificación -energía en España.

NBE CT-79

Antes de la entrada en vigor del CTE, los edificios de nueva planta estaban sujetos a la aplicación de la NBE CT-79 cuyo objeto era establecer las condiciones térmicas exigibles a los edificios de nueva planta. Los edificios quedaban definidos térmicamente por los conceptos de transmisión global de calor a través del conjunto del cerramiento, la transmisión de calor a través de cada uno de los elementos que forman el cerramiento, el comportamiento higrotérmico de los cerramientos y la permeabilidad al aire de estos. (NBE sobre condiciones térmicas en los edificios, 1979)

Para cada uno de los conceptos anteriores en función de la situación geográfica y el factor de forma se limitaba el valor máximo permitido. Fue vigente hasta el año 2006.

RD 314/2006. CTE DB-HE AHORRO DE ENERGÍA

En el año 2006 aparece el CTE donde en los edificios deben disponer de una envolvente de características específicas que limitaran la demanda energética necesaria para el bienestar térmico según las condiciones climáticas y sus variaciones. Se habla de características que deben cumplir como la transmitancia térmica, factor solar modificado medio de aberturas, características de los paramentos para evitar humedades y características de las carpinterías. También se incorpora la contribución solar mínima de agua caliente (sección HE 4) y energía fotovoltaica (sección HE 5).

En el año 2013 se actualiza el DB HE y se aumentan diversas exigencias, se introduce la limitación del consumo energético (sección HE 0), y para el HE 1 se limita la demanda energética. Estas dos secciones HE 0 y HE 1 son la base para conseguir la eficiencia energética en los edificios.

La sección HE 0, de aplicación para edificios nuevos y ampliaciones de edificios existentes limita el consumo energético de los edificios en función de la zona climática de la localidad y del uso previsto del edificio. Este límite de energía primaria no renovable incluye los servicios de calefacción, refrigeración y ACS considerando la superficie útil de los espacios habitables.

| | Zona climática de invierno | | | | | |
|--|----------------------------|------|------|------|------|------|
| | α | A* | B* | C* | D | E |
| $C_{ep,base} [kW \cdot h/m^2 \cdot año]$ | 40 | 40 | 45 | 50 | 60 | 70 |
| $F_{ep,sup}$ | 1000 | 1000 | 1000 | 1500 | 3000 | 4000 |

* Los valores de $C_{ep,base}$ para las zonas climáticas de invierno A, B y C de Canarias, Baleares, Ceuta y Melilla se obtendrán multiplicando los valores de $C_{ep,base}$ de esta tabla por 1,2.

Fig. 6. Tabla 2.1-valor base y factor corrector por superficie del consumo energético. Fuente: (MINISTERIO DE FOMENTO, 2013).

En el caso de la sección HE 1, su ámbito de aplicación es en edificios nuevos y en intervenciones en edificios existentes. La demanda energética de los edificios se limita igualmente en función de la zona climática de la localidad en la que se ubica el edificio conforme a la siguiente tabla de zonas climáticas y de su uso previsto.

Tabla B.1.- Zonas climáticas de la Península Ibérica

| Zonas climáticas Península Ibérica | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|------|---------|---------|---------|----|----|---------|---------|----|----|---------|---------|---------|---------|----------|----------|---------|----------|
| Capital | Z.C. | Altitud | A4 | A3 | A2 | A1 | B4 | B3 | B2 | B1 | C4 | C3 | C2 | C1 | D3 | D2 | D1 | E1 |
| Albacete | D3 | 677 | | | | | | | | | | h < 450 | | | h < 950 | | | h ≥ 950 |
| Alicante/Alacant | B4 | 7 | | | | | h < 250 | | | | | h < 700 | | | h < 700 | | | |
| Almería | A4 | 0 | h < 100 | | | | h < 250 | h < 400 | | | | h < 800 | | | h ≥ 800 | | | |
| Ávila | E1 | 1054 | | | | | | | | | | | | | | h < 550 | h < 850 | h ≥ 850 |
| Badajoz | C4 | 168 | | | | | | | | | h < 400 | h < 450 | | | h ≥ 450 | | | |
| Barcelona | C2 | 1 | | | | | | | | | | | h < 250 | | | h < 450 | h < 750 | h ≥ 750 |
| Bilbao/Bilbo | C1 | 214 | | | | | | | | | | | | | | h ≥ 250 | | |
| Burgos | E1 | 861 | | | | | | | | | | | | | | | h < 600 | h ≥ 600 |
| Cáceres | C4 | 385 | | | | | | | | | h < 600 | | | | h < 1050 | | | h ≥ 1050 |
| Cádiz | A3 | 0 | | h < 150 | | | | h < 450 | | | | h < 600 | h < 850 | | | h ≥ 850 | | |
| Castellón/Castello | B3 | 18 | | | | | | h < 50 | | | | h < 500 | | | h < 600 | h < 1000 | | h ≥ 1000 |
| Ceuta | B3 | 0 | | | | | | h < 50 | | | | | | | | | | |
| Ciudad Real | D3 | 630 | | | | | | | | | h < 450 | h < 500 | | | h ≥ 500 | | | |
| Córdoba | B4 | 113 | | | | | h < 150 | | | | h < 550 | | | | h ≥ 550 | | | |
| Coruña, La/ A Coruña | C1 | 0 | | | | | | | | | | | | h < 200 | | | h ≥ 200 | |
| Cuenca | D2 | 975 | | | | | | | | | | | | | h < 800 | h < 1050 | | h ≥ 1050 |
| Girona/Girona | D2 | 143 | | | | | | | | | | | h < 100 | | | h < 600 | | h ≥ 600 |
| Granada | C3 | 754 | h < 50 | | | | h < 350 | | | | h < 600 | h < 800 | | | h < 1300 | | | h ≥ 1300 |
| Guadalajara | D3 | 708 | | | | | | | | | | | | | h < 950 | h < 1000 | | h ≥ 1000 |
| Huelva | A4 | 50 | h < 50 | | | | h < 150 | h < 350 | | | | h < 800 | | | h ≥ 800 | | | |
| Huesca | D2 | 432 | | | | | | | | | h < 200 | | | | h < 400 | h < 700 | | h ≥ 700 |
| Jaén | C4 | 436 | | | | | h < 350 | | | | h < 750 | | | | h < 1250 | | | h ≥ 1250 |
| León | E1 | 346 | | | | | | | | | | | | | | | | h < 600 |
| Lérida/L'leida | D3 | 171 | | | | | | | | | | h < 100 | | | h < 600 | | | h ≥ 600 |
| Logroño | D2 | 379 | | | | | | | | | | | | h < 200 | | h < 700 | | h ≥ 700 |
| Lugo | D1 | 412 | | | | | | | | | | | | | | | h < 500 | h ≥ 500 |
| Madrid | D3 | 589 | | | | | | | | | | h < 500 | | | h < 950 | h < 1000 | | h ≥ 1000 |
| Málaga | A3 | 0 | | | | | | h < 300 | | | | h < 700 | | | h ≥ 700 | | | |
| Melilla | A3 | 130 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Murcia | B3 | 25 | | | | | | h < 100 | | | | h < 550 | | | h ≥ 550 | | | |
| Orense/Ourense | D2 | 327 | | | | | | | | | | h < 150 | h < 300 | | h < 800 | | | h ≥ 800 |
| Oviedo | D1 | 214 | | | | | | | | | | | | h < 50 | | | h < 550 | h ≥ 550 |
| Palencia | D1 | 722 | | | | | | | | | | | | | | | h < 800 | h ≥ 800 |
| Palma de Mallorca | B3 | 1 | | | | | | h < 250 | | | | h ≥ 250 | | | | | | |
| Pamplona/Iruña | D1 | 456 | | | | | | | | | | h < 100 | | | h < 300 | h < 600 | | h ≥ 600 |
| Pontevedra | C1 | 77 | | | | | | | | | | | | h < 350 | | h ≥ 350 | | |
| Salamanca | D2 | 770 | | | | | | | | | | | | | | h < 800 | | h ≥ 800 |
| San Sebastián/Donostia | D1 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | h < 400 | h ≥ 400 |
| Santander | C1 | 1 | | | | | | | | | | | | h < 150 | | h < 650 | h ≥ 650 | |
| Segovia | D2 | 1013 | | | | | | | | | | | | | | h < 1000 | | h ≥ 1000 |
| Sevilla | B4 | 9 | | | | | h < 200 | | | | h ≥ 200 | | | | | | | |
| Soria | E1 | 984 | | | | | | | | | | | | | | h < 750 | h < 800 | h ≥ 800 |
| Tarragona | B3 | 1 | | | | | | h < 50 | | | | h < 500 | | | h ≥ 500 | | | |
| Teruel | D2 | 995 | | | | | | | | | | h < 450 | h < 500 | | | h < 1000 | | h ≥ 1000 |
| Toledo | C4 | 445 | | | | | | | | | h < 500 | | | | h ≥ 500 | | | |
| Valencia/Valencia | B3 | 8 | | | | | | h < 50 | | | | h < 500 | | | h < 950 | | | h ≥ 950 |
| Valladolid | D2 | 704 | | | | | | | | | | | | | h < 800 | | | h ≥ 800 |
| Vitoria/Gasteiz | D1 | 512 | | | | | | | | | | | | | | | h < 500 | h ≥ 500 |
| Zamora | D2 | 617 | | | | | | | | | | | | | h < 800 | | | h ≥ 800 |
| Zaragoza | D3 | 207 | | | | | | | | | | h < 200 | | | h < 650 | | | h ≥ 650 |
| Capital | Z.C. | Altitud | A4 | A3 | A2 | A1 | B4 | B3 | B2 | B1 | C4 | C3 | C2 | C1 | D3 | D2 | D1 | E1 |

Fig. 7. Tabla B1-zonas climáticas. Fuente: (MINISTERIO DE FOMENTO, 2013).

Según la zona climática se deberán cumplir unos valores mínimos de transmitancias y permeabilidad de los elementos de la envolvente (figura 8), de los que delimitan unidades de distintos usos (figura 9), de las particiones interiores (figura 10) y un porcentaje de ahorro mínimo de la demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración respecto al edificio de referencia en edificios de otros usos (figura 11). También limita los riesgos de merma de las prestaciones térmicas de los elementos de la envolvente térmica, tales como condensaciones.

Tabla 2.3 Transmitancia térmica máxima y permeabilidad al aire de los elementos de la envolvente térmica

| Parámetro | Zona climática de invierno | | | | | |
|--|----------------------------|------|------|------|------|------|
| | α | A | B | C | D | E |
| Transmitancia térmica de muros y elementos en contacto con el terreno ⁽¹⁾ [W/m ² ·K] | 1,35 | 1,25 | 1,00 | 0,75 | 0,60 | 0,55 |
| Transmitancia térmica de cubiertas y suelos en contacto con el aire [W/m ² ·K] | 1,20 | 0,80 | 0,65 | 0,50 | 0,40 | 0,35 |
| Transmitancia térmica de huecos ⁽²⁾ [W/m ² ·K] | 5,70 | 5,70 | 4,20 | 3,10 | 2,70 | 2,50 |
| Permeabilidad al aire de huecos ⁽³⁾ [m ³ /h·m ²] | ≤ 50 | ≤ 50 | ≤ 50 | ≤ 27 | ≤ 27 | ≤ 27 |

Fig. 8. Tabla 2.3 Transmitancia térmica máxima y permeabilidad al aire de los elementos de la envolvente térmica. Fuente: (MINISTERIO DE FOMENTO, 2013).

| Tipo de elemento | Zona climática de invierno | | | | | |
|--|----------------------------|------|------|------|------|------|
| | α | A | B | C | D | E |
| <i>Particiones horizontales y verticales</i> | 1,35 | 1,25 | 1,10 | 0,95 | 0,85 | 0,70 |

Fig. 9. Tabla 2.4 Transmitancia térmica límite de particiones interiores, cuando delimiten unidades de distinto uso. Zonas comunes y medianerías, U en W/m²k. Fuente: (MINISTERIO DE FOMENTO, 2013).

| Tipo de elemento | Zona climática de invierno | | | | | |
|---------------------------------|----------------------------|------|------|------|------|------|
| | α | A | B | C | D | E |
| <i>Particiones horizontales</i> | 1,90 | 1,80 | 1,55 | 1,35 | 1,20 | 1,00 |
| <i>Particiones verticales</i> | 1,40 | 1,40 | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 1,00 |

Fig. 10. Tabla 2.5 Transmitancia térmica límite de particiones interiores, cuando delimiten unidades del mismo uso, U en W/m²k. Fuente: (MINISTERIO DE FOMENTO, 2013).

| Zona climática de verano | Carga de las fuentes internas | | | |
|--------------------------|-------------------------------|-------|------|----------|
| | Baja | Media | Alta | Muy alta |
| 1, 2 | 25% | 25% | 25% | 10% |
| 3, 4 | 25% | 20% | 15% | 0%* |

* No debe superar la demanda límite del edificio de referencia

Fig. 11. Tabla 2.2-Porcentaje de ahorro mínimo de la demanda energética conjunta respecto al edificio de referencia para edificios de otros usos, en %. Fuente: (MINISTERIO DE FOMENTO, 2013).

En cuanto al uso no residencial el perfil utilizado viene definido por los siguientes valores:

| USO NO RESIDENCIAL: 24 h | BAJA | | MEDIA | | ALTA | |
|----------------------------------|--------------|------|--------------|------|--------------|-------|
| | 1-6 15-24 | 7-14 | 1-6 15-24 | 7-14 | 1-6 15-24 | 7-14 |
| Temp Consigna Alta (°C) | | | | | | |
| Laboral | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| Sábado | – | 25 | – | 25 | – | 25 |
| Festivo | – | – | – | – | – | – |
| Temp Consigna Baja (°C) | | | | | | |
| Laboral | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Sábado | – | 20 | – | 20 | – | 20 |
| Festivo | – | – | – | – | – | – |
| Ocupación sensible (W/m²) | | | | | | |
| Laboral | 2,00 | 2,00 | 6,00 | 6,00 | 10,00 | 10,00 |
| Sábado | 0 | 2,00 | 0 | 6,00 | 0 | 10,00 |
| Festivo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ocupación latente (W/m²) | | | | | | |
| Laboral | 1,26 | 1,26 | 3,79 | 3,79 | 6,31 | 6,31 |
| Sábado | 0 | 1,26 | 0 | 3,79 | 0 | 6,31 |
| Festivo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Iluminación (%) | | | | | | |
| Laboral | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Sábado | 0 | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 |
| Festivo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Equipos (W/m²) | | | | | | |
| Laboral | 1,50 | 1,50 | 4,50 | 4,50 | 7,50 | 7,50 |
| Sábado | 0 | 1,50 | 0 | 4,50 | 0 | 7,50 |
| Festivo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ventilación (%) | | | | | | |
| Laboral | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Sábado | 0 | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 |
| Festivo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fig. 12. –perfiles de uso normalizados de los edificio en función de su uso, densidad de las fuentes internas y periodo de utilización. Apéndice C. Fuente: (MINISTERIO DE FOMENTO, 2013)

En el caso de los edificios existentes, cuando las obras supongan una renovación de más del 25 % de la superficie total de la envolvente térmica del edificio y en las destinadas a un cambio de uso del edificio, se limitará la demanda energética conjunta del edificio de forma que sea inferior a la del edificio de referencia.

En el resto los elementos de la envolvente térmica que se sustituyan, incorporen o modifiquen, cumplirán las limitaciones establecidas en la figura 9.

El objetivo del CTE HE está orientado a exigir que se cumplan los parámetros que permiten un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios reduciendo su consumo y a conseguir que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovables. (MINISTERIO DE FOMENTO, 2013)

CTE DB HE 4 Y HE 5

En el CTE de la edificación DB HE 4 se establece que los edificios de nueva construcción o existentes en que se reforme íntegramente el edificio, o en los que se produzca un cambio de uso que demande agua caliente sanitaria superior a 50 l/día deberá tener una contribución solar mínima para cubrir las necesidades de ACS. Esta contribución solar viene establecida en función de la zona climática en que se ubica el edificio y por el nivel de demanda de ACS. Esta contribución solar podrá ser sustituida por otra fuente de energía renovable siempre que se justifique que las emisiones de CO₂ y el consumo de energía primaria no renovable del sistema alternativo son inferiores a las que se obtendrían mediante la correspondiente instalación solar térmica más el sistema de referencia auxiliar de apoyo.

Este mismo documento Básico en su apartado HE 5 incorpora la contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica, donde exige a determinados tipos de edificación la instalación de módulos y su potencia mínima, sin embargo aún no es así en los edificios residenciales. (MINISTERIO DE FOMENTO, 2013)

RD 47/2007 y RD 235/2013 PROCEDIMIENTO BÁSICO PARA LA CERTIFICACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LOS EDIFICIOS

Con el RD 47/2007 se aprobó el procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción quedando pendiente de regulación la certificación energética de los edificios existentes. En 2013 el RD 235/2013 establece la obligación de poner a disposición de los compradores o usuarios de edificios un certificado de eficiencia energética con el fin de que puedan comparar y evaluar su eficiencia. De esta forma se pretende favorecer la promoción de edificios de alta eficiencia energética y las inversiones en ahorro de energía. (Procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios. RD 235, 2013)

RD 56/2016 REFERENTE A AUDITORÍAS ENERGÉTICAS, ACREDITACIÓN DE PROVEEDORES DE SERVICIOS Y AUDITORES ENERGÉTICOS Y PROMOCIÓN DE LA EFICIENCIA DEL SUMINISTRO DE ENERGÍA.

De la trasposición de la Directiva 2012/27/CE se aprueba el RD 59/2016 cuya finalidad será impulsar y promocionar un conjunto de actuaciones a realizar dentro de los procesos de consumo energético que pueden contribuir al ahorro y la eficiencia de la energía primaria consumida y a optimizar la demanda energética de la instalación, equipos, etc.

Las auditorías permiten conocer la situación respecto al uso de la energía y requieren de una normalización que permita comparar los resultados. También permiten detectar actuaciones que pueden contribuir al ahorro y la eficiencia de la energía primaria consumida y optimizar la demanda energética de la instalación.

Según el RD es obligatorio llevar a cabo una auditoría energética en las empresas que no sean PYMES.

RD 1027/2007 y RD 238/2013 RITE

El RD 1027/2007 aprobó el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los edificios (RITE). En 2013 se efectuaron una serie de modificaciones que se recogen en el RD 238/2013. El RITE establece las condiciones que deben cumplir las instalaciones destinadas a atender la demanda de bienestar térmico e higiene a través de las instalaciones de calefacción, climatización y ACS para conseguir un uso racional de la energía. También establece el caudal mínimo de aire exterior de ventilación según la categoría de calidad de aire interior. En nuestro caso para las habitaciones del hostel estaríamos en una categoría IDA3 lo que implica que necesitamos un caudal mínimo de aire del exterior de 8 dm³/s por persona.

Tabla 1.4.2.1 Caudales de aire exterior, en dm³/s por persona

| Categoría | dm ³ /s por persona |
|-----------|--------------------------------|
| IDA 1 | 20 |
| IDA 2 | 12,5 |
| IDA 3 | 8 |
| IDA 4 | 5 |

Fig. 13. Tabla 1.4.2.1-Caudales de ventilación mínimos exigidos. Fuente: (MINISTERIO DE FOMENTO, 2015)

RD 900/2015 CONDICIONES ADMINISTRATIVAS, TÉCNICAS Y ECONÓMICAS DE LAS MODALIDADES DE SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON AUTOCONSUMO Y PRODUCCIÓN CON AUTOCONSUMO

La Directiva Europea 2009/28/CE (Parlamento europeo, 2009) relativa al uso de energía procedente de fuentes renovables, establece la obligación de racionalizar y acelerar los procedimientos administrativos de autorización y conexión a redes de distribución y transporte de energía eléctrica.

El autoconsumo eléctrico viene definido en la ley 24/2013 como el consumo de energía eléctrica proveniente de instalaciones de generación conectadas en el interior de una red de un consumidor o a través de una línea directa de energía eléctrica asociadas a un consumidor y distingue varias modalidades de autoconsumo.

El autoconsumo puede dar lugar al consumo total de la energía generada o tener excedentes de la instalación de producción que se puedan verter a la red.

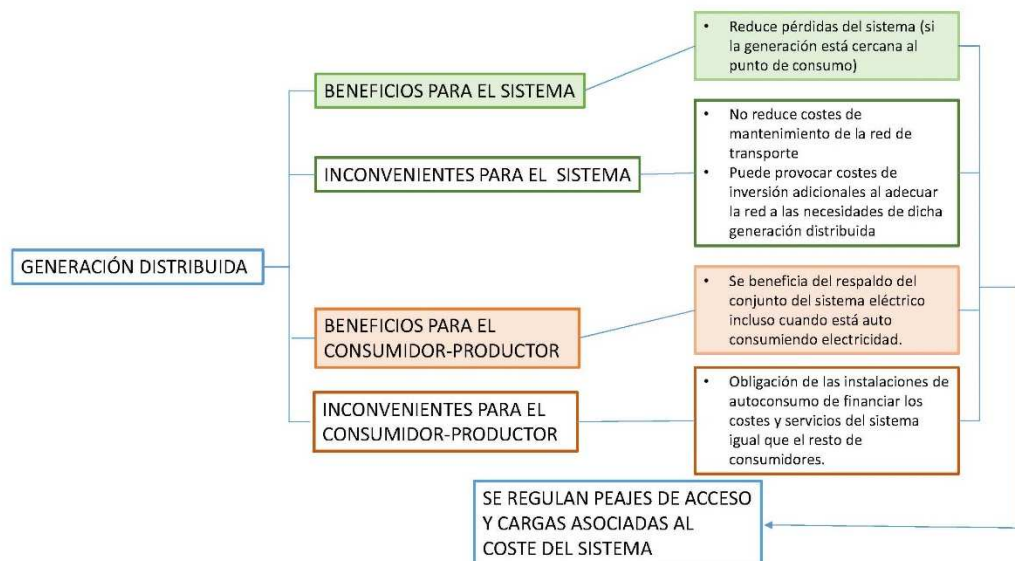


Fig. 14. Esquema RD 900/2015. Fuente: Elaboración propia.

Este RD se aplica a todas las instalaciones conectadas en el interior de una red, aun cuando no viertan energía a las redes de transporte en ningún instante, acogidas a cualquier modalidad de autoconsumo. Se excluyen las instalaciones aisladas.

5.2.2. Estándar Passivhaus.

Los estándares de construcción ofrecen un conjunto de soluciones concretas para limitar la demanda y el consumo de energía de los edificios durante la fase de uso.

La experiencia y el éxito de los estándares de construcción a lo largo de los años han sido reconocidos por algunas administraciones locales, como por ejemplo en la región de Frankfurt, donde todos los edificios públicos de nueva construcción deben construirse con parámetros del estándar Passivhaus. (Sánchez Cabrera, 2015)

El estándar Passivhaus se formula oficialmente en 1988 por los profesores Bo Adamson, de la Universidad sueca de Lund, y Wolfgang Feist, del Instituto alemán de Edificación y Medio Ambiente. El Passive House Institute (PHI) fue fundado en el año 1996 por el Dr. Feist. Su mayor objetivo es la investigación económicamente viable de éste estándar (Consejería de Economía y Hacienda, Dirección General de Industria, Energía y Minas y Fundación de la energía de la comunidad de Madrid, 2011).

A finales de los 80 Bo Adamson y Wolfgang Feist descubrieron que cuando la carga para calefacción no superaba los 10 w/m² de superficie útil es posible suministrar el calor necesario de calefacción para mantener el confort en invierno mediante una ventilación controlada con recuperación de calor (renovando el 30 % del aire cada hora)

Según el Passivhaus Institut, los edificios Passivhaus son aquellos en los que se alcanza, a lo largo de todo el año, unas condiciones interiores de confort con un gasto mínimo de energía. Estos edificios deben cumplir rigurosos requerimientos en el diseño y ejecución (Passivhaus Institut, 2014).

CRITERIOS DEL ESTÁNDAR CASA PASIVA O PASSIVHAUS

Las Passivhaus se caracterizan por un nivel especialmente alto de confort térmico con un mínimo de energía. Dentro de estas se distinguen tres categorías: Classic, Plus o Premium en función de la demanda de energía primaria renovable (PER) y de la generación de esta.

| | | | Criterios ¹ | Criterios alternativos ² | | |
|--|-------------|---|--|-------------------------------------|---------|--|
| Calefacción | | | | | | |
| Demanda de calefacción | [kWh/(m²a)] | ≤ | 15 | - | | |
| Carga de calefacción ³ | [W/m²] | ≤ | - | 10 | | |
| Refrigeración | | | | | | |
| Demanda refrigeración + deshum. | [kWh/(m²a)] | ≤ | 15 + contribución deshumidificación ⁴ | valor límite variable ⁵ | | |
| Carga de refrigeración ⁶ | [W/m²] | ≤ | - | 10 | | |
| Hermeticidad | | | | | | |
| Resultado ensayo de presión n ₅₀ | [1/h] | ≤ | 0.6 | | | |
| Energía Primaria Renovable (PER)⁷ | | | | | | |
| | | | Classic | Plus | Premium | ±15 kWh/(m²a) desviación respecto a los criterios... ...con compensación de la desviación mostrada arriba mediante diferentes valores de generación |
| Demanda PER ⁸ | [kWh/(m²a)] | ≤ | 60 | 45 | 30 | |
| Generación de energía renovable ⁹ (con referencia a la huella proyectada del edificio) | [kWh/(m²a)] | ≥ | - | 60 | 120 | |

Fig. 15. Tabla de criterios para casa pasiva. Fuente: (Passive House Institute, 2015)

Estos criterios se aplican para todos los climas del mundo. La demanda de Energía Renovable incluye la energía para calefacción, refrigeración, deshumidificación, agua caliente sanitaria, iluminación, electricidad auxiliar y electrodomésticos.

CRITERIOS DEL ESTÁNDAR ENERPHIT

En los edificios antiguos normalmente es más difícil alcanzar el Estándar Passivhaus con un esfuerzo razonable. Llevar a cabo una rehabilitación hasta este estándar empleando componentes Passivhaus en los elementos estructurales relevantes de los edificios lleva a mejorar en relación con el confort térmico, la durabilidad de la estructura, la rentabilidad y las necesidades energéticas.

Para lograr este estándar se puede aplicar los siguientes criterios:


| Zona climática de acuerdo al PHPP | Envolvente opaca ¹ respecto al... | | | | Ventanas (incluyendo puertas exteriores) | | | Ventilación | | | |
|-----------------------------------|---|------------------|-------------------------------|-------------------------------|--|--|---|--|--|-----|--------------------------|
| | ...terreno | ...aire exterior | | | En conjunto ⁴ | Acristalamiento ⁵ | Carga solar ⁶ | | | | |
| | Aislamiento | Aislam. exterior | Aislam. interior ² | Pintura exterior ³ | Coeficiente de transmitancia térmica máxima (valor-U) (U _{PV, instalada}) | Coeficiente de ganancias solares (valor-g) | Carga solar específica máxima durante el periodo de refrigeración | Índice recup. de calor mínimo ⁷ | Índice recup. de humedad mínimo ⁸ | | |
| | Coeficiente de transmitancia térmica máximo (valor-U) | | | Cool colours | | | | | | | |
| | [W/(m²K)] | | | - | [W/(m²K)] | - | [kWh/m²a] | % | | | |
| | | | | |  | | | | | | |
| Polar | Determinado específicamente en el PHPP para cada proyecto mediante los grados-día para calefacción y refrigeración respecto al terreno. | 0,09 | 0,25 | - | 0,45 | 0,50 | 0,60 | U _g - g*0,7 ≤ 0 | 100 | 80% | - |
| Frio | | 0,12 | 0,30 | - | 0,65 | 0,70 | 0,80 | U _g - g*1,0 ≤ 0 | | 80% | - |
| Frio - templado | | 0,15 | 0,35 | - | 0,85 | 1,00 | 1,10 | U _g - g*1,6 ≤ 0 | | 75% | - |
| Cálido - templado | | 0,30 | 0,50 | - | 1,05 | 1,10 | 1,20 | U _g - g*2,8 ≤ -1 | | 75% | - |
| Cálido | | 0,50 | 0,75 | - | 1,25 | 1,30 | 1,40 | - | | - | - |
| Caluroso | | 0,50 | 0,75 | si | 1,25 | 1,30 | 1,40 | - | | - | 60 % (climas húmedos) |
| Muy caluroso | | 0,25 | 0,45 | si | 1,05 | 1,10 | 1,20 | - | | - | 60 % (climas húmedos) |

Fig. 16. Tabla de criterios por el método de componentes para estándar EnerPHit. Fuente: (Passive House Institute, 2015)

| Zona climática de acuerdo al PHPP | Calefacción | Refrigeración |
|-----------------------------------|-------------------------------|---|
| | Demanda de calefacción máxima | Demanda de refrigeración + deshumidificación máxima |
| | [kWh/(m²a)] | [kWh/(m²a)] |
| Polar | 35 | igual al requerimiento para Casa Pasiva |
| Frío | 30 | |
| Frío - templado | 25 | |
| Cálido - templado | 20 | |
| Cálido | 15 | |
| Caluroso | - | |
| Muy caluroso | - | |

Fig. 17. Tabla de criterios por el método de la demanda energética para estándar EnerPHit. Fuente: (Passive House Institute, 2015).

Además de los criterios de estas tablas (sólo los criterios de uno de los dos métodos se deben cumplir) existen unos criterios generales para el estándar Enerphit que siempre se deben cumplir independientemente del método elegido. Estos criterios mínimos se muestran a continuación:

| | | | Criterios ¹ | Criterios alternativos ² | | |
|---|-------------|---|---|--|--|---|
| Hermeticidad | | | | | | |
| Resultado ensayo de presión n ₅₀ | [1/h] | ≤ | 1,0 | | | |
| Energía primaria renovable (PER)³ | | | | | | |
| | | | Classic | Plus | Premium | |
| Demanda PER ⁴ | [kWh/(m²a)] | ≤ | $60 + (Q_H - Q_{H,PH}) \cdot f_{QPER,H} + (Q_C - Q_{C,PH}) \cdot 1/2$ | $45 + (Q_H - Q_{H,PH}) + (Q_C - Q_{C,PH}) \cdot 1/2$ | $30 + (Q_H - Q_{H,PH}) + (Q_C - Q_{C,PH}) \cdot 1/2$ | ±15 kWh/(m²a) desviación respecto a los criterios... |
| Generación de energía renovable (con referencia la huella proyectada del edificio) ⁵ | [kWh/(m²a)] | ≥ | - | 60 | 120 | ...con compensación de la desviación mostrada arriba mediante diferentes valores de generación |

Fig. 18. Tabla de criterios generales para estándar EnerPHit. Fuente: (Passive House Institute, 2015).

Como se puede ver también existen tres categorías dentro del estándar EnerPHit: Classic, Plus o Premium dependiendo de la demanda de energía primaria renovable y de la generación de energía renovable.

CRITERIOS DEL ESTÁNDAR PHI EDIFICIO DE BAJA DEMANDA ENERGÉTICA

Este estándar es adecuado para edificios que no cumplen plenamente con los criterios del Estándar Passivhaus por diversas razones.

| | | | Criterios ¹ | Criterios alternativos ² |
|---|-------------|---|---|--|
| Calefacción | | | | |
| Demanda de calefacción | [kWh/(m²a)] | ≤ | 30 | |
| Refrigeración | | | | |
| Demanda refrigeración + deshum. | [kWh/(m²a)] | ≤ | Requisito Casa Pasiva ³ + 15 | |
| Hermeticidad | | | | |
| Resultado ensayo de presión n ₅₀ | [1/h] | ≤ | 1,0 | |
| Energía primaria renovable (PER)⁴ | | | | |
| Demanda PER ⁵ | [kWh/(m²a)] | ≤ | 75 | Se permite exceder hasta +15 kWh/(m²a) ... |
| Generación de energía renovable ⁶ (con referencia a la huella proyectada del edificio) | [kWh/(m²a)] | ≥ | - | ...con compensación de la desviación mostrada arriba mediante diferentes valores de generación |

Fig. 19. Tabla de criterios generales para estándar de baja demanda energética. Fuente: (Passive House Institute, 2015).

A continuación se muestran los criterios generales mínimos para todos los estándares del Passivhaus en la siguiente tabla:

CRITERIOS GENERALES MÍNIMOS PARA TODOS LOS ESTÁNDARES

| FRECUENCIA DE SOBRECALENTAMIENTO | |
|---|--|
| Sin refrigeración activa | <10 % horas en 1 año con $T_{\text{int}} > 25^{\circ}\text{C}$ |
| Con refrigeración activa | Sist. Refrigeración dimensionado adecuadamente |
| FRECUENCIA HUMEDAD EXCESIVAMENTE ALTA | |
| Sin refrigeración activa | <20 % horas en 1 año con $H^{\text{abs}} > 12\text{g/kg}$ |
| Con refrigeración activa | <10 % horas en 1 año con $H^{\text{abs}} > 12\text{g/kg}$ |
| PROTECCIÓN TÉRMICA MÍNIMA | |
| Los criterios para el nivel mín. de protección térmica de la figura siguiente son aplicables siempre independientemente del estándar y de las excepciones | |
| Se aplican para cada componente individual del edificio | |
| SATISFACCIÓN DE LOS OCUPANTES (es posible presentar excepciones a estos requerimientos en casos justificados siempre que no afecte a la satisfacción de los usuarios) | |
| Todas las estancias con ocupación prolongada deben disponer de una ventana mínimo que se pueda abrir. | |
| El usuario debe tener posibilidad de manejar la iluminación y elementos de sombreado temporales | |
| En caso de existir calefacción o refrigeración activa, los usuarios deben poder regular la T^{a} interior por cada unidad de uso. | |
| La tecnología para la calefacción o el aire acondicionado debe estar dimensionada adecuadamente. | |

| | |
|--|--|
| La tasa de caudal de ventilación debe ser ajustable para la demanda real por el usuario para cada unidad de vivienda. | |
| Todas las habitaciones dentro de la envolvente térmica del edificio deben estar directa o indirectamente ventiladas con un caudal de aire suficiente. | |
| Si la humedad relativa del aire interior es $< 30\%$ en uno o varios meses deben tomarse medidas efectivas | |
| El sistema de ventilación no debe generar ruido en áreas con ocupación prolongada < 20 db en estancias con impulsión (edificios residenciales) y < 30 db en estancias con extracción (edificios residenciales) | |
| El sistema de ventilación no debe causar corrientes de aire molestas | |
| CONDICIONES DE CONTORNO PARA EL CÁLCULO CON PHPP (se deben cumplir las siguientes condiciones de contorno) | |
| Zonificación | |
| Ganancias internas de calor | |
| Ganancias int humedad | 100 g/(persona*h) |
| Índices de ocupación | |
| Tª interior de diseño | Calefac: 20 °C; Refrig: 25 °C y 12 g/kg Hº abs |
| Datos climáticos | |
| Caudal promedio de aire | Ed. Residenciales: 20-30 m³/h por pers. y vivienda |
| | Renovación min. 0.3 SER y altura de 2.5 m |
| Demanda de ACS | Ed. Residenciales: 25 l a 60 °C persona y día |
| Todos los sistemas eléctricos que estén dentro de la envolvente térmica del edificio se tienen en cuenta en el balance energético. | |

Tabla 1. Resumen criterios generales mínimos para todos los estándares. FUENTE: Elaboración propia a partir de datos (Passive House Institute, 2015)






| Zona climática de acuerdo al PHPP | Higiene ¹ | Confort ² | | | |
|-----------------------------------|---|---|---|---|---|
| | Factor de temperatura mínimo | Coeficiente de transmitancia térmica máximo | | | |
| | $f_{Rsi}=0,25 \text{ m}^2\text{K/W}$ | Valor-U | | | |
| |  | [W/(m²K)] | | | |
| | |  |  |  |  |
| Polar | 0,80 | 0,45 | 0,50 | 0,60 | 0,35 |
| Frío | 0,75 | 0,65 | 0,70 | 0,80 | 0,50 |
| Frío - templado | 0,70 | 0,85 | 1,00 | 1,10 | 0,65 |
| Cálido - templado | 0,60 | 1,10 | 1,15 | 1,25 | 0,85 |
| Cálido | 0,55 | - | 1,30 | 1,40 | - |
| Caluroso | - | - | 1,30 | 1,40 | - |
| Muy caluroso | - | - | 1,10 | 1,20 | - |

Fig. 20. Criterios mínimos para la protección térmica. Fuente: (Passive House Institute, 2015)

Atendiendo a todos estos criterios en cada uno de los estándares, los edificios pueden ser certificados con diferentes sellos del PHI. Para obtener la respectiva certificación además de cumplir los criterios de certificación, se debe cumplir la metodología de cálculo descrita en el programa PHPP y en su manual.

Es importante destacar la relevancia de la hermeticidad y la comprobación de su correcta ejecución durante las obras para el cumplimiento de este estándar (Tiberio & Branchi, 2014).

5.2.3. Energías renovables.

Existen diferentes formas de energía renovable aplicable a los edificios residenciales pero en este trabajo me centraré en la energía solar y concretamente en la generada a través de paneles fotovoltaicos.

En un trabajo desarrollado para la Universidad Internacional de Andalucía en 2009 (Sánchez Pacheco, 2010) en el que se muestran diferentes opciones en el mercado para los sistemas fotovoltaicos aplicados a viviendas en entorno urbano, se muestra el autoconsumo fotovoltaico como una alternativa para reducir el CO₂. Las administraciones de algunos países como Alemania, EEUU y Japón han dado un impulso definitivo a los sistemas fotovoltaicos integrados en los edificios urbanos mediante programas de apoyo.

En las instalaciones distribuidas o conectadas a la red, esta actúa como disipador de energía y acepta la energía sobrante del sistema fotovoltaico, por lo que no se requiere en el interior del edificio, de un sistema de almacenamiento. Además este sistema conlleva un beneficio económico por la venta de energía sobrante.

De este trabajo se concluye que este sistema de generación es una solución para el ahorro energético y el desarrollo sostenible de la ciudad. La exigencia de la opinión pública ante los gobiernos y organismos internacionales será fundamental para la implantación de dichas fuentes. La creciente población y demanda energética de los países en vías de desarrollo incrementará el precio del combustible fósil, además las mejoras tecnológicas generan células cada vez más eficientes y baratas y las evidentes ventajas de la energía fotovoltaica favorecerán la competitividad del sistema y su implantación en entornos residenciales urbanos, como una parte más de los edificios, bien sea como un sistema integrado en el edificio o utilizando espacios disponibles. Se prevé que igual que ocurrió con la energía solar térmica, el CTE incluya los sistemas de energía eléctrica renovables para los edificios de vivienda. (Sánchez Pacheco, 2010)

5.3. Investigaciones de referencia

A continuación se muestran algunos proyectos de investigación o artículos de referencia relacionados con la temática de este trabajo.

Acerca de la eficiencia energética y su contexto europeo se realizó un proyecto europeo en 2013-2015 de referencia internacional para la mejora de la eficiencia energética en edificios. Abarca un amplio contenido en el aspecto energético desde la definición de eficiencia y todos lo relacionado con ella, diferentes normativas que le afectan, pasando por exigencias del ahorro energético o medidas a considerar para alcanzar una mayor eficiencia, hasta los sistemas de gestión energética y todo ello en relación con el proceso edificatorio (Fundación SAN VALERO; Unión Europea, Programa de Aprendizaje Permanente de la , 2013-2015)

En relación con los edificios de consumo casi nulo, Giuliano Dall'ò, el departamento de arquitectura, ingeniería de la construcción y medioambiente del politécnico de Milán, junto con el departamento de medioambiente, energía y

desarrollo sostenible de la región de Lombardía publicaron en 2013 un trabajo que analiza la evolución del mercado de la vivienda en cuanto a eficiencia energética en esta región así como una muestra de 20 edificios NZEB y su diseño. En Lombardía las políticas promovidas tuvieron efectos reales sobre la calidad energética de los edificios mostrando una reducción importante en la demanda energética de estos. De este estudio se dedujeron elementos clave en el diseño de estos edificios y de su análisis se desprende que no se habrían materializado así, de no ser por las políticas implementadas. Las opciones técnicas aplicadas en ellos son muy importantes en estos edificios (Dall'o, 2013).

En el año 2014 se publicó un artículo sobre un estudio que realizó Cristina Beccio sobre cómo influyen las estrategias de diseño de un NZEB en los objetivos energéticos y en la cuestión económica. En Europa existe el debate de cómo conseguir el punto óptimo entre el diseño más económico y más eficiente posible. En este trabajo se expone una metodología para evaluar los diferentes escenarios hasta llegar a una gráfica de optimización de costes donde el mínimo punto representa el nivel óptimo de rentabilidad (Becchio, 2014).

Más concretamente en relación a la rehabilitación energética de edificios Josep M^a Rieradevall i Pons elaboró una tesis en la Universidad Politècnica de Catalunya sobre rehabilitación energética de polígonos de vivienda de los años 70 en Barcelona, más concretamente el polígono de Montbau. El objetivo principal de dicha investigación, era comprobar los resultados de las mejoras en la envolvente de los edificios de viviendas anteriores a la aparición de normativas de eficiencia energética, así como la repercusión económica de dichas mejoras (Rieradevall i Pons, 2014).

Un ejemplo de aplicación de los criterios del estándar Passivhaus en edificios plurifamiliares muy interesante ha sido el trabajo realizado por Sergi Sánchez Cabrera, para conocer el comportamiento energético de un edificio estudiado en aspectos clave del estándar Passivhaus, como son el aislamiento, las ventanas y las medidas pasivas. Además, el trabajo establece una comparativa económica del mismo edificio cumpliendo con el CTE (Sánchez Cabrera, 2015). En cuanto a ejemplos de viviendas aisladas con criterios passivhaus y temas asociados a este estándar en diferentes países

Europeos, así como las conclusiones obtenidas, me ha servido como referencia el trabajo realizado por Elisa María Cisneros Calero en 2011 de edificación Passivhaus (Cisneros Calero, 2011).

Como último campo clave del tema de mi informe quiero mencionar un trabajo sobre sistemas de energía solar fotovoltaica aplicados a viviendas residenciales en entorno urbano, realizado por Carlos Sánchez Pacheco en 2010 en la Universidad Internacional de Andalucía en el que se explican los sistemas de generación solar, su evolución, las ventajas e inconvenientes de los diferentes sistemas y su previsible trayectoria en un futuro próximo (Sánchez Pacheco, 2010).

5.4. Tendencias o previsiones

Las preocupaciones sociales, económicas y ambientales de la sociedad a nivel internacional o europeo tienen un reflejo en las decisiones políticas que llevan a establecer normas regulatorias para acotar y normalizar dichos problemas, así como a crear planes de actuación para intentar mitigar o solucionar la problemática. A la vista de los datos, la edificación es una parcela importante y de gran repercusión que refleja dicha problemática en los tres niveles mencionados. Una problemática cuya tendencia de solucionarse parece tener una vía importante en la rehabilitación hacia un parque edificatorio más sostenible, a corto plazo hacia uno más eficiente.

La tecnología está del lado de la eficiencia pero la experiencia demuestra que son las barreras culturales incluso más que las económicas, las que obstaculizan en muchas ocasiones las políticas energéticas o su buen desempeño, hay ejemplos, como el de la región de Lombardía, que evidencian como en ausencia de estas, si se produce el verdadero cambio.

Existen metodologías cada vez más avanzadas para posibilitar la toma de decisiones adecuadas a nivel técnico, para conseguir resultados verdaderamente fructíferos llegando a edificios de consumo nulo, aunque no se debe negar que esto requiere de especialización y conocimientos que se irán adquiriendo y extendiendo.

Habrán países en los que los objetivos tardarán más en alcanzarse que en otros aun tomando medidas similares y eso dependerá de los diferentes enfoques que cada

país tome al afrontarlos, influyendo desde sus autoridades, sus normas o tradiciones constructivas, el contexto en el que se encuentre, y hasta el grado de madurez del propio país.

En España para pasar de un escenario a otro parece que la tendencia va por la vía de:

- Sensibilizar y crear una cultura a favor de la rehabilitación energética del parque edificado y crear consciencia en los ciudadanos de la mejora que implica en su calidad de vida y en la revalorización del inmueble, ya que sin este paso las ayudas públicas otorgadas hasta el momento no están teniendo la respuesta esperada, mientras que si la han tenido en países más concienciados.
- Desarrollar estrategias de negocio de cara al nuevo proceso de rehabilitación
- Cambiar en el modelo de las empresas suministradoras de energía de cara a los nuevos valores emergente que inevitable y afortunadamente se están abriendo camino en el mercado, aunque lo hagan lentamente.
- Tomar medidas de carácter administrativo que tiendan a la coordinación entre las administraciones estatales, autonómicas y municipales para evitar duplicidades y/o contradicciones entre ellas.

6. DESARROLLO DEL PROYECTO

El desarrollo de este proyecto contempla el análisis del edificio base para obtener la información necesaria que permita plantear diferentes escenarios de rehabilitación energética siguiendo la normativa del CTE y de los criterios del estándar passivhaus explicados. Según esto se establecen los siguientes casos de estudio en este proyecto:

- Caso 0: Se analiza el edificio tal y como se encuentra en la actualidad, tanto los sistemas pasivos (geometría del edificio, transmitancia térmica de las diferentes partes de la envolvente del edificio), como los sistemas activos (sistema de calefacción, refrigeración y ACS). Se obtienen los datos de demanda energética actual de calefacción, refrigeración y ACS, además del consumo energético.
- Caso I: Se analiza el edificio para el cumplimiento estricto del CTE. Se plantea una rehabilitación actuando en los sistemas activos del edificio (nuevos sistemas de climatización, ACS y de ventilación mecánica controlada con recuperación de calor)
- Caso II: Una vez cumplido el CTE se propone una rehabilitación intentando cumplir el estándar Passivhaus, (mucho más exigente que el CTE) y se actúa tanto en los sistemas pasivos del edificio (disminución de la transmitancia térmica de las diferentes partes de la envolvente mediante la aplicación de aislamientos en todas ellas, colocación de carpinterías de muy altas prestaciones y creación de una capa hermética en el edificio, además de sellado hermético de las carpinterías con la obra de fábrica), como en los sistemas activos del edificio (nuevos sistemas de climatización, ACS y de ventilación mecánica controlada con recuperación de calor). Con esta rehabilitación se espera una mayor disminución de la demanda energética y del consumo energético del edificio.

- Caso III: A partir del caso II se plantea en el edificio la implementación de un sistema de energía solar térmica como apoyo al sistema de ACS y de un sistema de energía solar fotovoltaica.

Todo esto se resume en la siguiente figura:

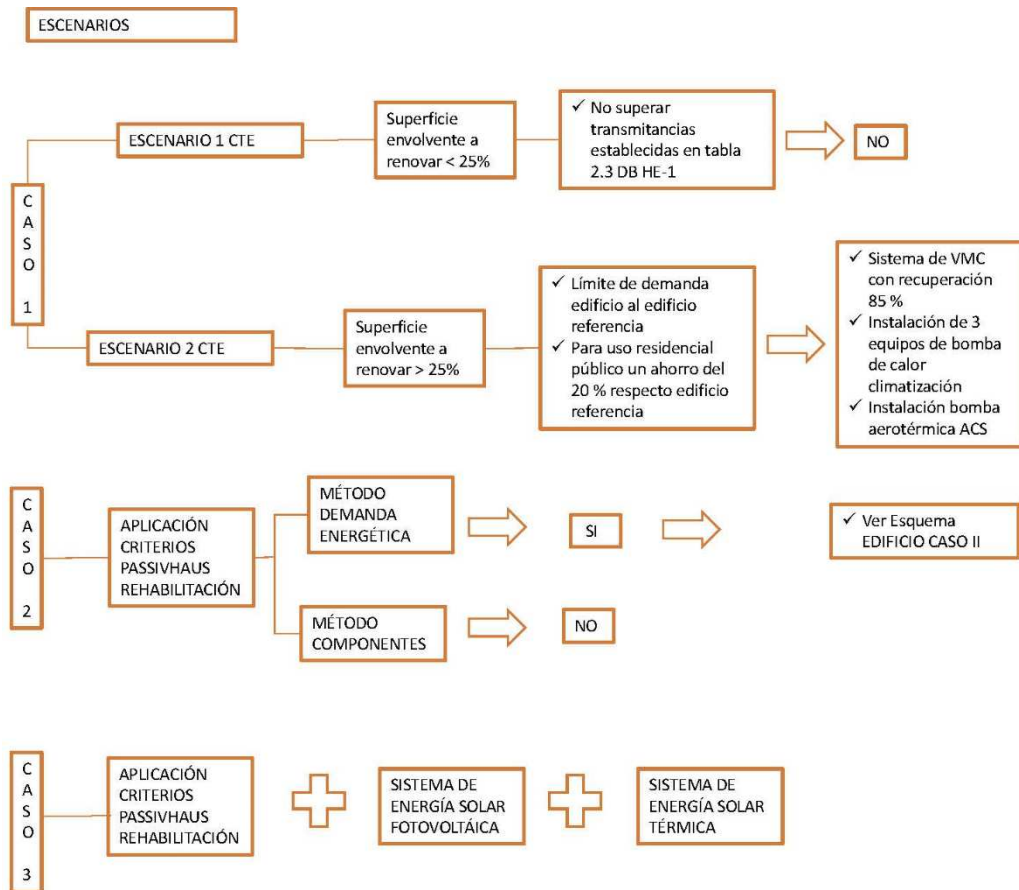


Fig. 21. Esquema de casos. Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenidos los datos energéticos de cada caso se compararan con el caso 0.

6.1. Metodología del proyecto.

Para el desarrollo del proyecto se ha seguido la siguiente metodología de proyecto:

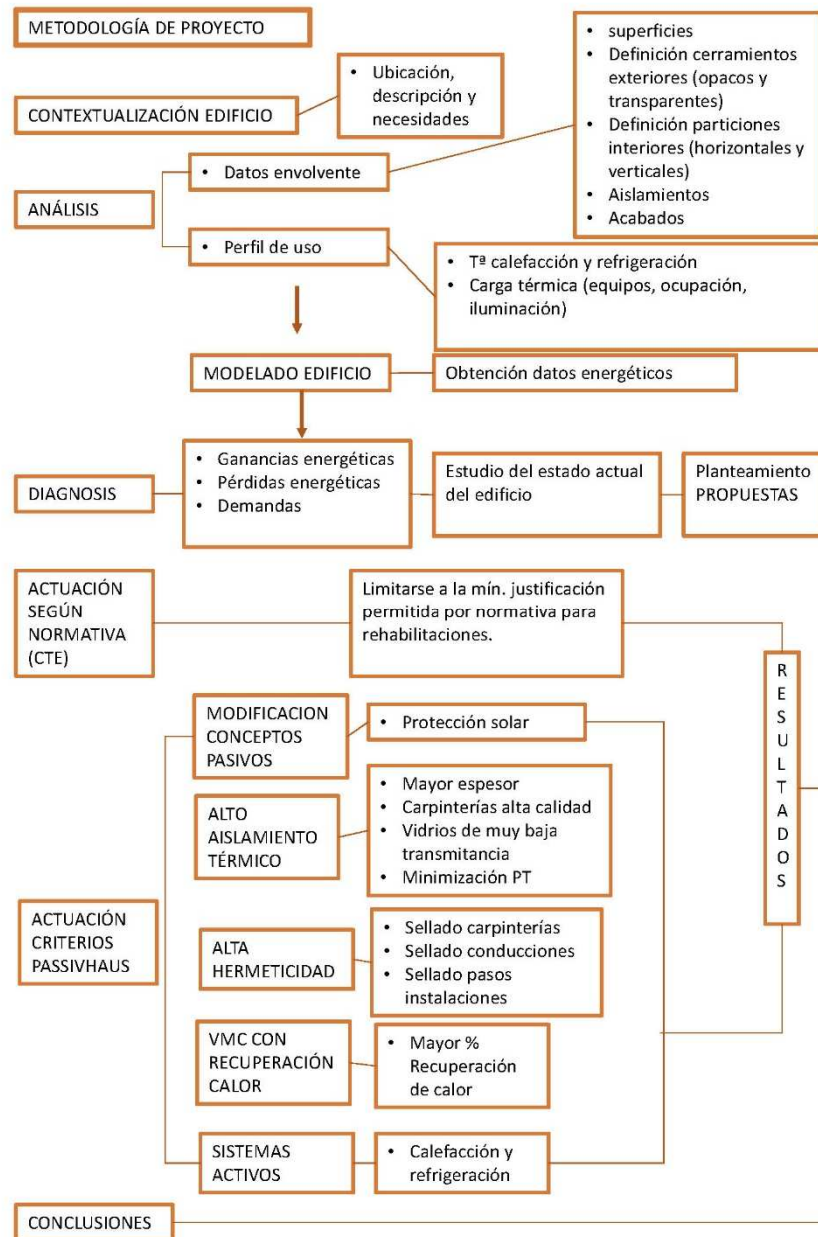


Fig. 22. Esquema de la metodología seguida para desarrollar el proyecto. Fuente: elaboración propia

Los escenarios CTE y passivhaus se muestran en los apartados 6.4 y 6.5 de este trabajo.

6.2. Ubicación, descripción y consideraciones de partida del edificio.



Fig. 23. Imagen situación Alcañiz. Fuente: Google maps.

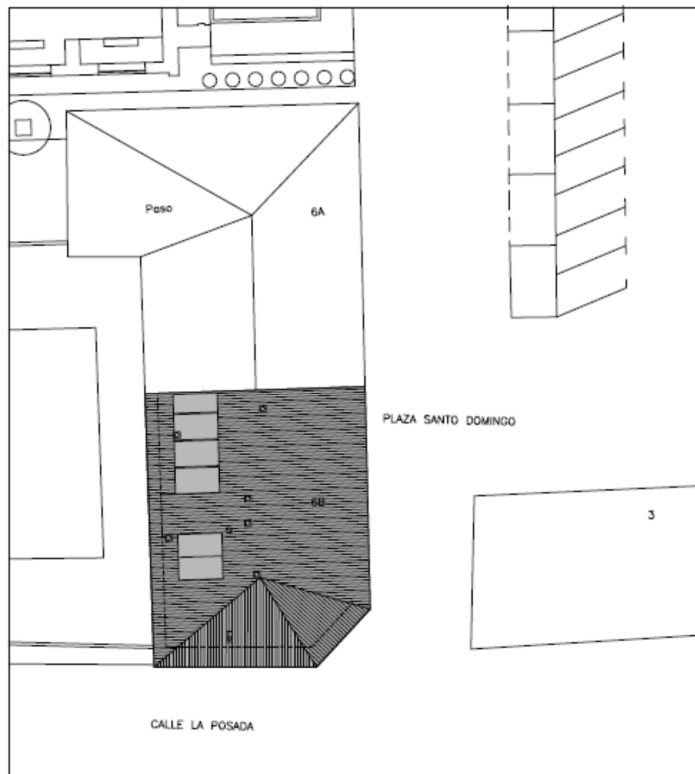


Fig. 24. Plano emplazamiento edificio. Fuente: Elaboración propia

| UBICACIÓN | |
|---------------------|------------------|
| Situación | Alcañiz (Teruel) |
| Emplazamiento | Centro población |
| Clima | Continental |
| Altura nivel mar | 381 m |
| Zona climática CTE | C3 |
| Año de construcción | 1992 |

Tabla 2. Tabla de datos ubicación edificio. FUENTE: elaboración propia.

La construcción del hostel se produjo entre el año 1.991 y 1.992 obteniendo la licencia de apertura en Mayo de 1.992. El hostel consta de una cafetería en la planta sótano y de 22 habitaciones (18 dobles y 4 sencillas) en plantas baja, primera y segunda. La mayoría de las habitaciones tienen un aseo en el interior de las mismas, solamente 4 habitaciones de la planta segunda comparten 2 aseos situados en el pasillo. En la planta bajo cubierta está situado el cuarto de instalaciones del hostel que es donde se encuentran las calderas de calefacción y agua caliente sanitaria. La descripción de hostel por plantas es la siguiente:

| PLANTA | SUP. ÚTILES | SUP. CONSTRUIDAS |
|--------|-----------------------|-----------------------|
| PS | 214.92 m ² | 234.10 m ² |
| PB | 131.99 m ² | 152.70 m ² |
| P1 | 82.43 m ² | 99.70 m ² |
| P2 | 164.09 m ² | 196.40 m ² |
| PBC | 6.80 m ² | 6.80 m ² |
| TOTAL | 600.23 m ² | 689.70 m ² |

Tabla 3. Tabla de datos ubicación edificio. FUENTE: elaboración propia.

El proyecto pretende realizar una rehabilitación energética del hostel además de ampliarlo incorporando la vivienda de la planta primera del edificio al hostel (de esta manera la planta primera y segunda del hostel serán iguales). Con estas premisas y debido a que el hostel tiene más de 25 años se realizará una nueva distribución pasando

a tener 24 habitaciones dobles todas ellas con un aseo interior. También se incorporará al hostel la escalera del edificio que servía para llegar a la vivienda de la planta primera y que se utilizará como escalera de evacuación del hostel, para ello se abrirá una puerta en cada planta a esta escalera. A nivel estructural se eliminará la escalera 3 de comunicación entre plantas baja a segunda y se cerrará el hueco del forjado. También se abrirá un hueco en cada forjado para la instalación del ascensor que comunicará todas las plantas del hostel desde la planta sótano. A nivel interior se sustituirán todos los revestimientos de suelos, paredes y techos y la carpintería interior. Esta reforma no altera el volumen del edificio.



Fig. 25. Planta tipo reformada. Fuente: elaboración propia.

En la planta sótano solamente se actúa en la recepción del hostel mientras que en la planta bajo cubierta no se actúa (se utilizará el cuarto de instalaciones para alojar las máquinas de las nuevas instalaciones). Por lo tanto el resumen de superficies de esta rehabilitación queda como sigue:

| PLANTA | SUP. ÚTILES | SUP. CONSTRUIDAS |
|--------|-----------------------|-----------------------|
| PS | 20.98 m ² | 23.15 m ² |
| PB | 142.90 m ² | 168.00 m ² |
| P1 | 179.54 m ² | 208.00 m ² |
| P2 | 179.54 m ² | 208.00 m ² |
| TOTAL | 522.96 m ² | 607.15 m ² |

Tabla 4. Tabla de superficies del edificio. Fuente: elaboración propia.

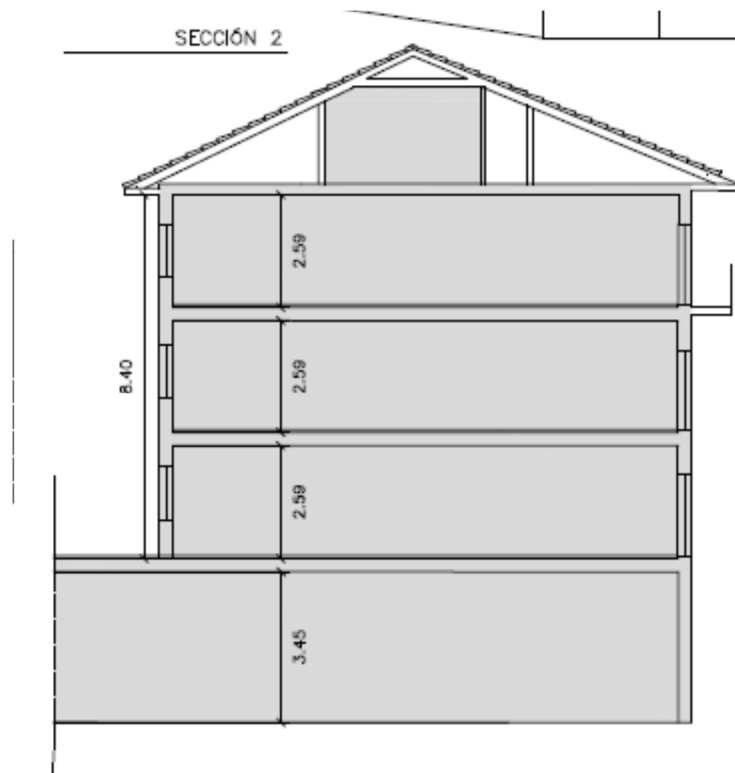


Fig. 26. Sección edificio. Fuente: elaboración propia.

| TIPOLOGÍA EDIFICATORIA | |
|------------------------|--------------------------|
| Uso | Residencial público |
| Núcleos de escalera | 2 sin ascensor |
| Nº plantas | PS+3+PBC |
| Nº de hab. hostel | 22 |
| Ventilación | Natural en cada estancia |
| | Shunt en baños |

Tabla 5. Tabla de tipología edificatoria. FUENTE: elaboración propia.

El edificio no ha sido rehabilitado desde su construcción. En el hostel de este edificio se han realizado pequeñas reparaciones o mejoras en la instalación de calefacción, la instalación de ACS y reformas interiores en los acabados de algunas habitaciones. En la cafetería de la planta sótano si se han realizado nuevos acondicionamientos.

Exteriormente muestra signos de deterioro en los revestimientos, carpinterías, protecciones solares y la existencia de aparatos calefacción y/o aire acondicionado indican cierto grado de discomfort interior.

Los elementos constructivos y tipología del edificio son los siguientes:

| TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA | | |
|------------------------|--------------------------------------|---|
| Cimentación | Zapatas aisladas de hormigón armado | |
| Estructura | Viguetas pretensadas | |
| | Bovedilla de hormigón | |
| | Pilares y jácenas de hormigón armado | |
| Fachadas | FE1 | Int (yeso+LHD+cámara con aislamiento+ladrillo caravista)ext |

| | | |
|--------------|-------------------------|--|
| | FE2 | Int (yeso+LHD+cámara con aislamiento+mortero)ext |
| | FE3 | Int (yeso+LHD+mortero)ext |
| Medianeras | MD1 | Int (yeso+LP+yeso) vecino |
| carpinterías | Fachada y locales | Madera |
| vidrios | Cámara 4/6/4 | |
| forjados | De hormigón armado 20+5 | |
| Cubiertas | Con aislamiento | |
| tabiquería | Ladrillo hueco | |

Tabla 6. Tabla de tipología constructiva. FUENTE: elaboración propia.

Las carpinterías son de baja calidad sin ningún tipo de sellado. Las ventanas tienen cierta protección solar debido al vuelo de la planta superior y tienen persianas. El tipo de construcción es de alta permeabilidad al paso del aire por el tratamiento de las conducciones, ventilaciones, detalles de uniones constructivas, ausencia de sellados, etc.

El edificio muestra las siguientes características energéticas de sus componentes:

| FACHADAS | | VENTANAS | | FORJADOS | | SOLERA | |
|----------|------|-----------|-----|----------|------|--------|------|
| FE1 | 0.59 | VE1,2,3,4 | 2.0 | F1E | 1.88 | S1 | 0.75 |
| FE2 | 0.55 | vidrios | 3.3 | AZ1 | 0.76 | | |
| FE3 | 1.32 | | | TJ1 | 0.64 | | |
| MD1 | 2.33 | | | | | | |

Tabla 7. Tabla de transmitancias térmicas de los elementos. FUENTE: elaboración propia.

caso 0

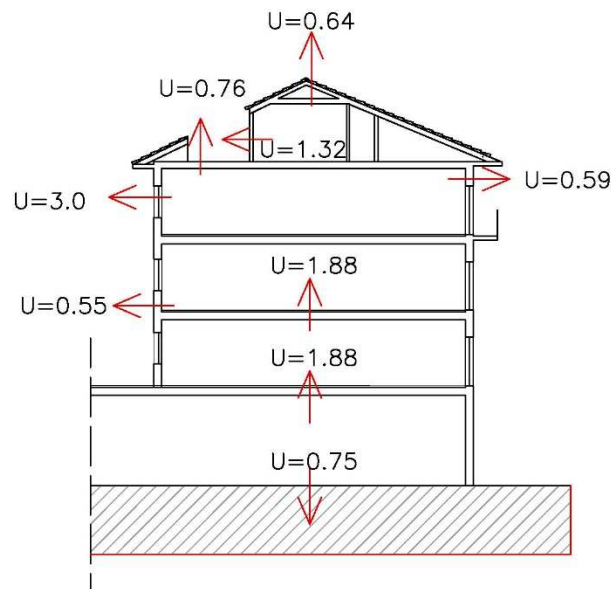


Fig. 27. Sección edificio con transmitancias de los elementos de la envolvente. Caso 0. Fuente: elaboración propia.

A nivel de sistemas activos, el edificio dispone de un sistema de calefacción basado en una caldera de gas natural (rendimiento del 85%) de la que parten las conducciones a las diferentes plantas para abastecer a radiadores de pared situados en habitaciones y pasillos. La calefacción no permite la posibilidad de regulación de forma independiente en cada habitación. El agua caliente sanitaria se genera mediante 2 termos-acumuladores de 300 litros cada uno de gas natural (rendimiento del 85%). El sistema de refrigeración consiste en un aparato individual de fachada situado en cada habitación (EER 1,50).

6.3. Edificio Caso 0.

Para el edificio caso 0 se han tenido en cuenta todas las consideraciones de partida enumeradas en el apartado anterior y se ha modelado el edificio introduciendo todos los datos.

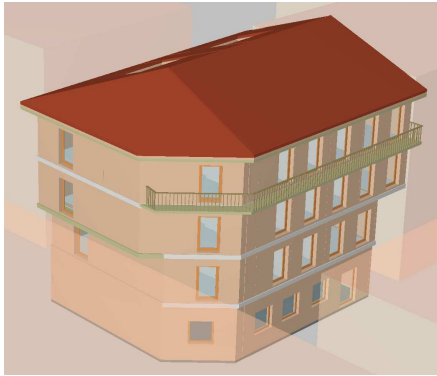
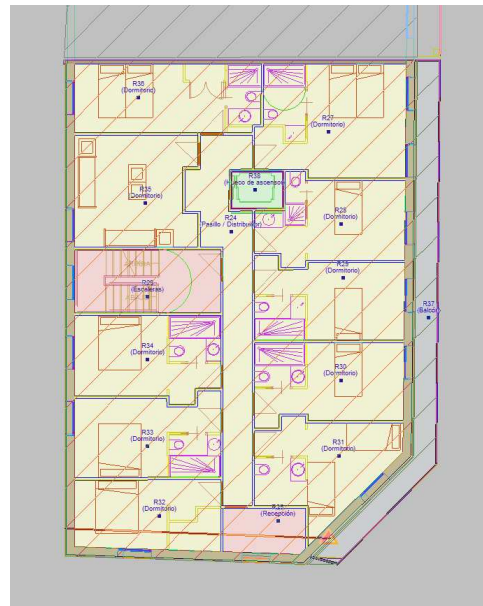
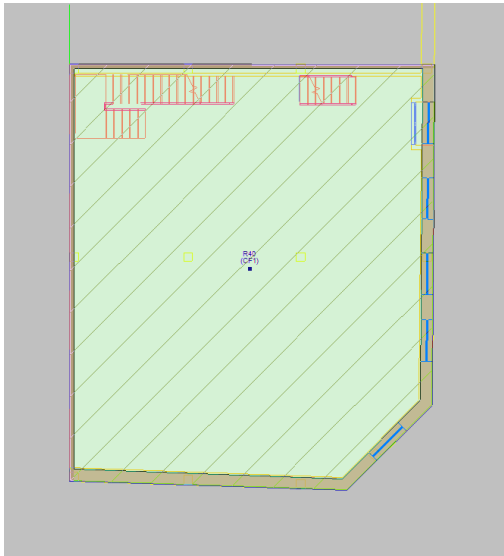


Fig. 28. Imagen del edificio actual modelado. Fuente: Elaboración propia. Software: Cypecadmep.

6.3.1. Análisis

Para el modelado se ha partido de los planos del edificio y mediante la herramienta de CYPECAD se ha realizado el modelo sobre el que realizar la simulación energética. Se han analizado y definido los paramentos de la envolvente opaca y transparente, particiones interiores, acabados, sombras de los edificios del entorno, etc. y se han introducido en el programa



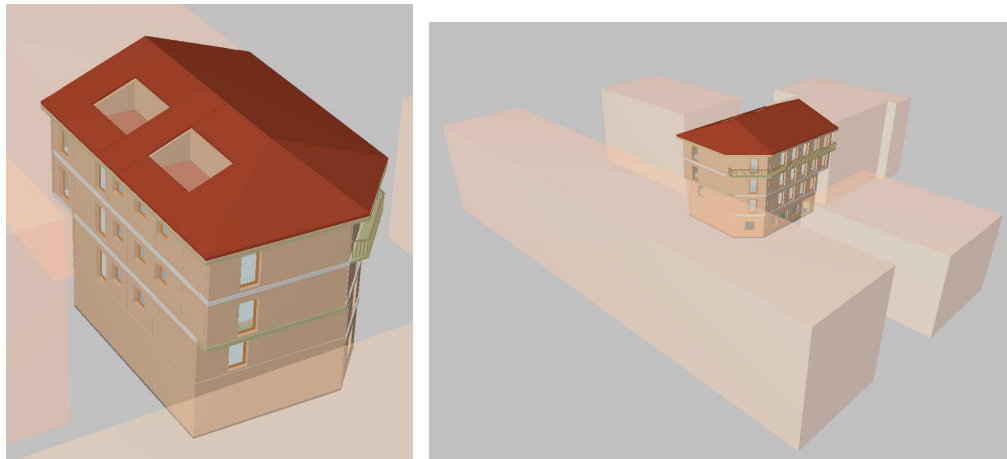


Fig. 29. Imágenes del modelado del edificio. Fuente: Elaboración propia. Software: Cypecadmep.

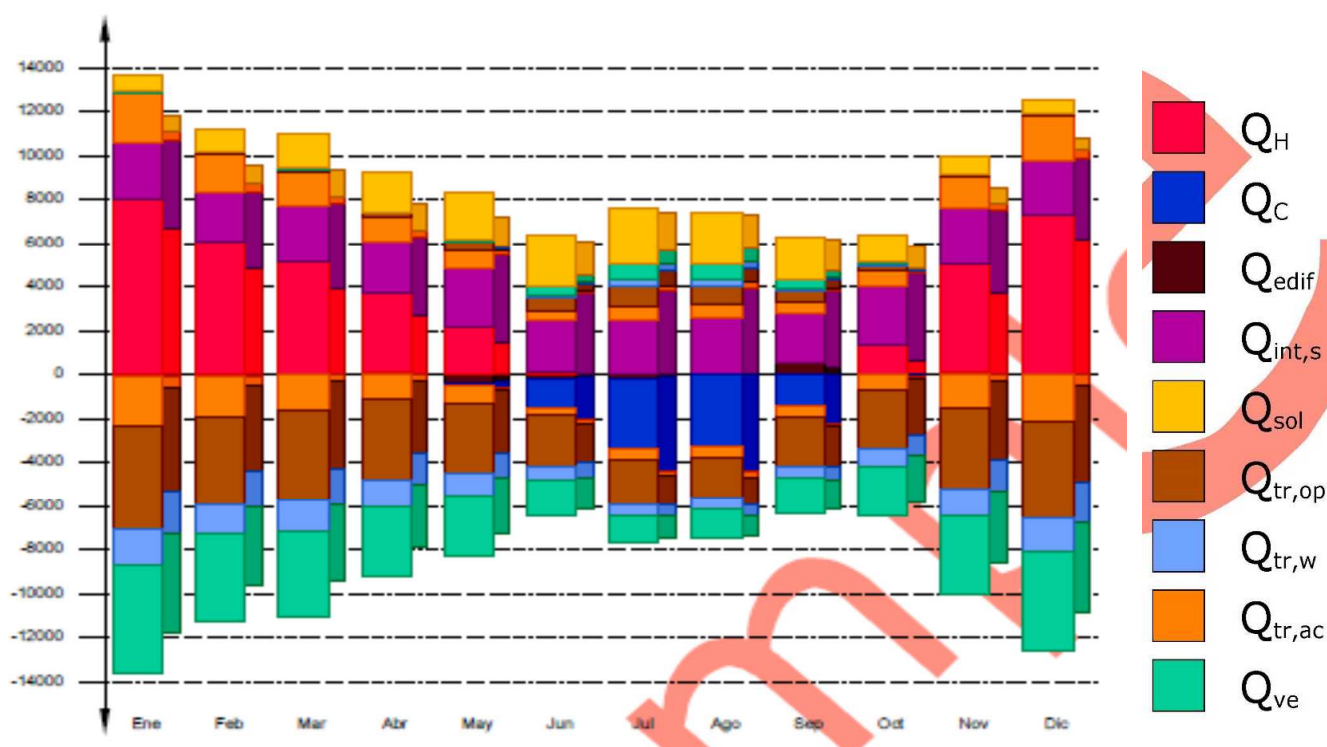
Para definir el uso que tiene en este momento el edificio se han considerado los datos que aparecen en el apéndice C de CTE DB HE 1.

| PERFIL DE USO DEL EDIFICIO | | |
|---|--------------------------|----------------|
| Tª de calefacción | 20 °C de lunes a sábado | |
| Tª de refrigeración | 25 °C de lunes a sábado | |
| Carga térmica equipos (w/m2) | 1.5 de lunes a viernes | |
| | 1.5 sábados (07h-15h) | |
| Carga térmica ocupantes: sensible+latente (w/m2) | laboral | 2.00 |
| | sábado | 2.00 (07h-15h) |
| Carga térmica iluminación(%) | 100 % de lunes a viernes | |
| | 100 % sábados (07h-15h) | |

Tabla 8. Tabla del perfil de uso no residencial (24 h baja). FUENTE: Elaboración propia.

6.3.2. Datos energéticos de la simulación

Teniendo en cuenta todos los datos de partida descritos en los apartados anteriores, se obtiene de la simulación que:



| | Ene (kWh) | Feb (kWh) | Mar (kWh) | Abr (kWh) | May (kWh) | Jun (kWh) | Jul (kWh) | Ago (kWh) | Sep (kWh) | Oct (kWh) | Nov (kWh) | Dic (kWh) | Año (kWh /año) (kWh/ m²·a)) | |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|--------------------------------------|-------|
| Balance energético anual del edificio. | | | | | | | | | | | | | | |
| $Q_{tr,op}$ | 31.6 -4742.0 | 93.6 -4034.5 | 129.1 -4155.8 | 133.4 -3704.7 | 332.3 -3173.1 | 566.7 -2327.1 | 955.3 -2004.4 | 889.8 -1929.6 | 525.7 -2273.8 | 252.2 -2626.5 | 95.0 -3660.8 | 56.5 -4465.2 | -35036.2 | -66.1 |
| $Q_{tr,w}$ | 2.0 -1691.2 | 6.2 -1397.6 | 12.4 -1379.7 | 14.8 -1159.6 | 65.7 -961.4 | 139.6 -602.9 | 280.6 -475.4 | 262.5 -450.3 | 138.4 -586.8 | 37.7 -790.8 | 8.5 -1244.8 | 3.7 -1582.9 | -11351.3 | -21.4 |
| $Q_{tr,ac}$ | 2225.0 -2225.0 | 1761.9 -1761.9 | 1566.5 -1566.5 | 1133.7 -1133.7 | 869.6 -869.6 | 395.9 -395.9 | 543.9 -543.9 | 518.9 -518.9 | 454.8 -454.8 | 730.6 -730.6 | 1489.3 -1489.3 | 2072.5 -2072.5 | | |
| Q_{ve} | 11.0 -4913.9 | 33.3 -3932.9 | 46.2 -3918.7 | 48.6 -3224.9 | 122.7 -2840.3 | 420.2 -1648.5 | 809.3 -1290.5 | 749.6 -1310.0 | 387.1 -1603.2 | 102.4 -2281.9 | 33.2 -3611.1 | 20.0 -4445.4 | -32237.6 | -60.8 |
| $Q_{int,s}$ | 2632.1 -11.6 | 2307.6 -10.2 | 2555.5 -11.3 | 2424.8 -10.7 | 2632.1 -11.6 | 2442.8 -10.8 | 2532.9 -11.2 | 2623.1 -11.6 | 2352.6 -10.4 | 2627.6 -11.6 | 2519.4 -11.1 | 2456.3 -10.8 | 29973.8 | 56.5 |
| Q_{sol} | 724.5 -5.1 | 998.0 -6.9 | 1583.0 -10.7 | 1793.3 -11.9 | 2091.5 -13.6 | 2401.3 -15.6 | 2581.6 -16.8 | 2358.5 -15.4 | 1989.5 -13.2 | 1317.5 -9.1 | 798.4 -5.6 | 600.8 -4.2 | 19109.9 | 36.0 |
| Q_{edif} | -64.6 | -108.9 | -12.3 | 137.2 | -384.4 | -178.8 | -178.0 | 40.7 | 504.0 | 74.1 | 166.7 | 4.4 | | |
| Q_H | 8027.2 | 6052.3 | 5162.3 | 3559.7 | 2219.7 | 94.7 | -- | -- | 10.0 | 1308.4 | 4912.1 | 7366.6 | 38712.9 | 73.0 |
| Q_C | -- | -- | -- | -- | -79.6 | -1281.6 | -3183.3 | -3207.1 | -1419.9 | -- | -- | -- | -9171.5 | -17.3 |
| Q_{HC} | 8027.2 | 6052.3 | 5162.3 | 3559.7 | 2299.2 | 1376.4 | 3183.3 | 3207.1 | 1429.9 | 1308.4 | 4912.1 | 7366.6 | 47884.4 | 90.3 |

donde:

Fig. 30. Balance energético edificio completo. Caso 0. Fuente: Elaboración propia. Software: Cypecad mep

1.1.- Porcentaje de ahorro de la demanda energética respecto al edificio de referencia.

$$\%AD = 100 \cdot (D_{G,ref} - D_{G,obj}) / D_{G,ref} = 100 \cdot (74.3 - 85.1) / 74.3 = -14.6 \% \geq \%AD_{exigido} = 20.0 \%$$



donde:

$\%AD$: Porcentaje de ahorro de la demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración respecto al edificio de referencia.

$\%AD_{exigido}$: Porcentaje de ahorro mínimo de la demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración respecto al edificio de referencia para edificios de otros usos en zona climática de verano 3 y Media carga de las fuentes internas del edificio, (tabla 2.2, CTE DB HE 1), **20.0 %**.

$D_{G,obj}$: Demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración del edificio objeto, calculada como suma ponderada de las demandas de calefacción y refrigeración, según $D_G = D_c + 0.7 \cdot D_{tr}$ en territorio peninsular, kWh/(m²·año).

$D_{G,ref}$: Demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración del edificio de referencia, calculada en las mismas condiciones de cálculo que el edificio objeto, obtenido conforme a las reglas establecidas en el Apéndice D de CTE DB HE 1 y el documento 'Condiciones de aceptación de programas alternativos a LIDER/CALENER'.

Fig. 31. Porcentaje de ahorro de la demanda energética respecto al edificio de referencia. Caso 0.
Fuente: Elaboración propia. Software: Cypecadmep

- En el gráfico de barras de la figura 29, para cada mes, la barra más ancha corresponde al edificio objeto y la barra más estrecha al edificio de referencia. En general las barras del edificio objeto son de más longitud que las del edificio de referencia, por lo que el edificio no cumple.
- Numéricamente y para cada mes en la figura inferior, se establece la transmisión térmica a través de los elementos pesados ($Q_{tr,op}$), la transmisión térmica a través de los elementos ligeros ($Q_{tr,w}$), la transmisión térmica debida al acoplamiento térmico entre zonas ($Q_{tr,ac}$), la transmisión térmica por ventilación (Q_{ve}), la ganancia de calor interna sensible ($Q_{int,s}$), la ganancia de calor solar (Q_{sol}) y la transferencia de calor correspondiente al almacenamiento o cesión de calor por parte de la masa térmica del edificio (Q_{edif}). Como resultados finales y por mes se establece la energía a aportar de calefacción (Q_H), la energía a aportar en refrigeración (Q_C) y la energía a aportar en calefacción y refrigeración (Q_{HC}). Como resultado final el edificio necesita un aporte de energía de 47884 kWh/año.
- el edificio caso de estudio en la actualidad pierde energía en mayor medida por la envolvente opaca, en segundo lugar por la ventilación y/o infiltraciones no deseadas y finalmente por los huecos o ventanas. Esto se debe al escaso aislamiento de las fachadas y al hecho de que las carpinterías y el tipo de construcción tienen gran permeabilidad al paso del aire generando infiltraciones no deseadas. Se han considerado 1,5 renovaciones

hora para la simulación por tratarse de un edificio con baja hermeticidad (IDAE, 2009)

- Las ganancias que se dan, son debidas en primer lugar a las cargas internas por ocupación y en segundo lugar a la aportación solar a través de los vidrios. La energía restante necesaria para alcanzar la temperatura de consigna debe aportarse mediante calefacción y refrigeración. Durante los meses de verano la aportación solar es muy considerable.

Los resultados en cuanto a demandas y cargas de calefacción son:

| CASO 0 | | | | |
|---------------------------------|------------------------------------|-----------|--------------|--------------|
| CYPECAD MEP | | | | HULC |
| CALEFACCIÓN | Demanda (kwh/m2a) | | Carga (w/m2) | Demanda |
| | 73.0 | | 17.36 | 79.78 |
| REFRIGERACIÓN | Demanda (kwh/m2a) | | Carga (w/m2) | Demanda |
| Demanda (kwh/m2a) | 17.3 | | 11.92 | 29.36 |
| Renovaciones hora | 1.50 | | | |
| ACS | No renovable | | | |
| Demanda (kwh/m2a) | 46.73 | | | |
| ELECTRICIDAD (varios) | Iluminación | Equipos | TOTAL | |
| Demanda (kwh/m2a) | 33.4 | 10.02 | 43.42 | |
| DEMANDA TOTAL ENERGÍA | Calef, refrig, ACS, electr, varios | | | |
| Demanda (kwh/m2a) | 180.45 | | | |
| C.E.P. (calef, ref, ACS e ilum) | No renovable | Renovable | TOTAL | No renovable |
| Consumo (kwh/m2a) | 255.40 | 18.59 | 273.99 | 271.20 |
| Emissiones de CO2 (Tn/a) | | | | 28,99 |

Tabla 9. Tabla de datos energéticos caso 0. FUENTE: elaboración propia. SOFTWARE: Cypecadmep. y HULC

Observando los datos obtenidos por los dos programas con los que se han realizado las simulaciones podemos decir que los resultados obtenidos en ambos casos son muy similares. La demanda de calefacción y refrigeración en el HULC es ligeramente

superior del orden de 6,5 y 12,0 kwh/m2a mas y el consumo de energía primaria no renovable es en el HULC 2,8 kwh/m2a inferior.

6.3.3. Calificación energética del edificio.

Tras pasando los datos del edificio del programa CypecadMEP al programa HULC e introduciendo los sistemas activos (calefacción, refrigeración y ACS) se obtiene la calificación energética del edificio.

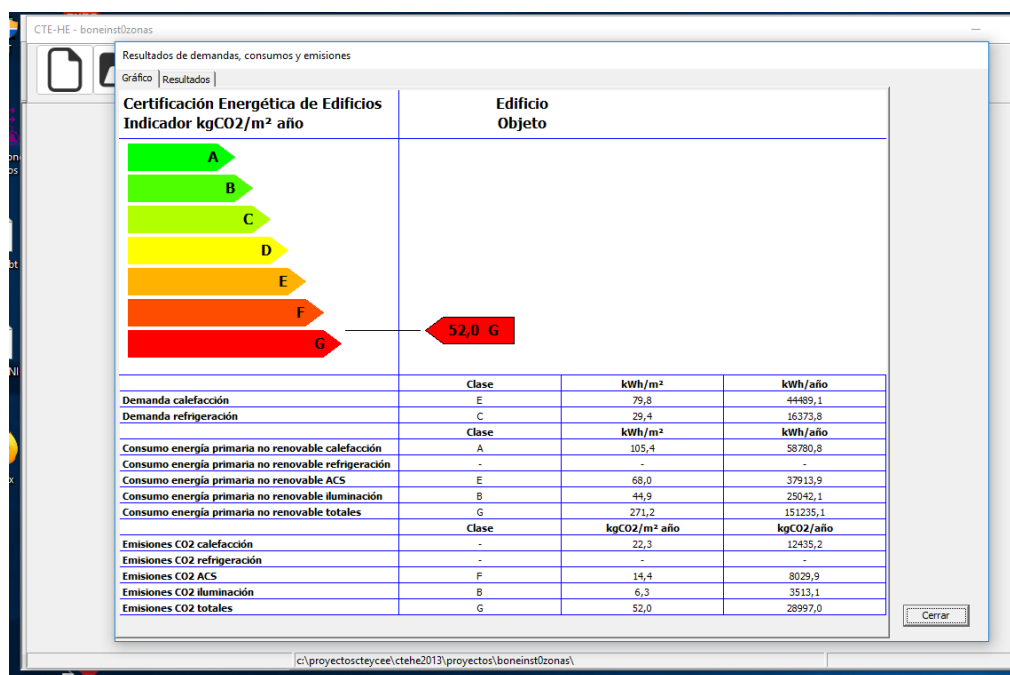


Fig. 32. Calificación energética del edificio. Caso 0. Fuente: Elaboración propia. Software: HULC

La calificación energética del edificio tal y como se encuentra actualmente el edificio es G.

6.4. Edificio Caso I (Cumplimiento CTE)

En el edificio caso I se hacen propuestas siguiendo la aplicación y cumplimiento del CTE HE 0, HE 1 y HE 4. Con estas propuestas se pretende que la actuación suponga una mejora energética para el edificio, interviniendo en los sistemas activos.

En base a los puntos de aplicación de la normativa CTE detallados en el apartado 5.2.1 de este informe y una vez ubicado el edificio en la zona climática correspondiente, la normativa plantea dos opciones para cumplirla.

Una posible opción que brinda el CTE, es referirse a la intervención en edificios existentes, en la que podemos encontrarnos con 2 escenarios diferentes (escenario 1 y escenario 2).

ESCENARIO 1

La normativa contempla el caso en el que no se renueven más del 25 % de la superficie total de la envolvente y en cuyo caso sólo se exigiría que las actuaciones en la envolvente no superarán las transmitancias máximas establecidas en la tabla 2.3 del DB HE-1 (figura 8). Este caso no se va a aplicar en este estudio.

ESCENARIO 2

La rehabilitación se plantea de forma que la renovación supera el 25 % de la envolvente. En este caso se limitará la demanda energética conjunta del edificio a la del edificio de referencia. Según la aplicación de la tabla 2.2 del DB HE-1 (figura 11), para uso residencial público establece (en el edificio objeto) un ahorro del 20 % de la demanda energética conjunta del edificio de referencia.

Se tendrá este dato como límite de demanda energética y se aplicará una solución que cumpla con este límite.

Otra opción es intentar llegar al máximo cumplimiento del DB HE, tratando de alcanzar valores muy por encima de los exigidos e intentando con ello conseguir una mayor eficiencia energética. Esta solución se aplicará en el caso II y se intentará cumplir el estándar Passivhaus.

6.4.1. Soluciones aplicadas en la rehabilitación (cumplimiento CTE)

Se muestra a continuación un esquema de la solución adoptada para el cumplimiento del CTE según lo especificado en el punto anterior. Se han definido los detalles constructivos y se han introducido en el programa Cypecad mep para el modelado del edificio. Únicamente se contempla el escenario 2 tratando este edificio como si se actuará en más del 25% (en superficie) de los elementos que conforman la envolvente y tratando el edificio como si fuera nuevo.

SOLUCIÓN CASO I

- Sistema de ventilación mecánica controlado con una renovación del volumen de aire del hostel de 57,6 m³/h por habitación y con una tasa de recuperación de calor del 85 % de dicho volumen a renovar. Consumo del sistema 2,26 kWh/m²a.
- Instalación de 3 equipos de bomba de calor para climatización para aumentar el confort en el interior del hostel, uno en cada planta (13.4/15.5 kw refrigeración/ calefacción 3.06/3.41 EER/ COP)
- Instalación de bomba de calor aerotérmica para ACS de 14 kw de potencia (COP 3,00) con 2 termos acumuladores de doble serpentín de 500 l cada uno para el hostel.

caso 1

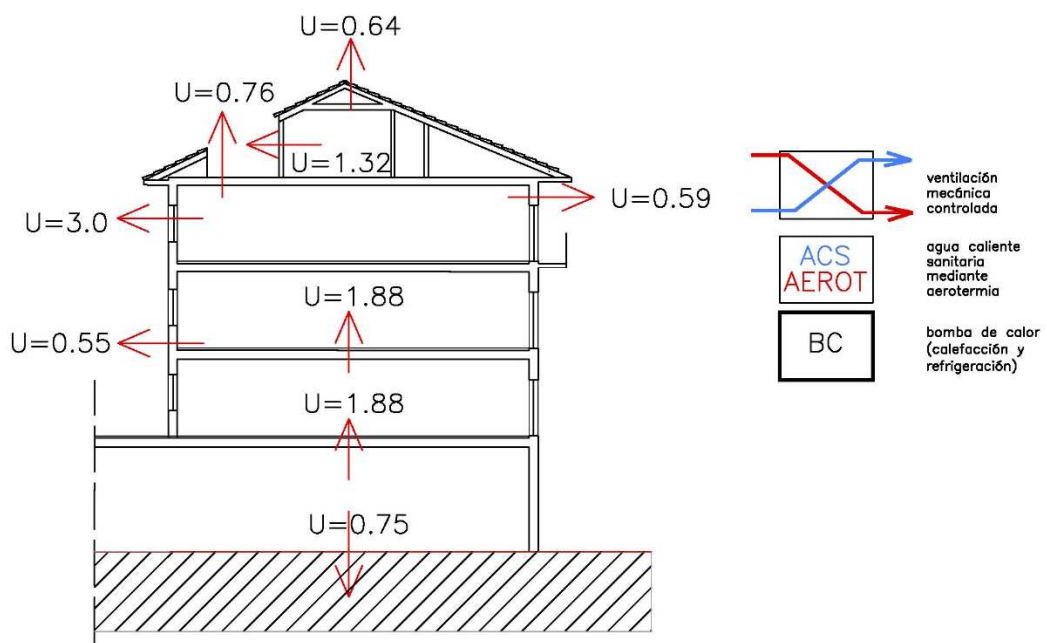
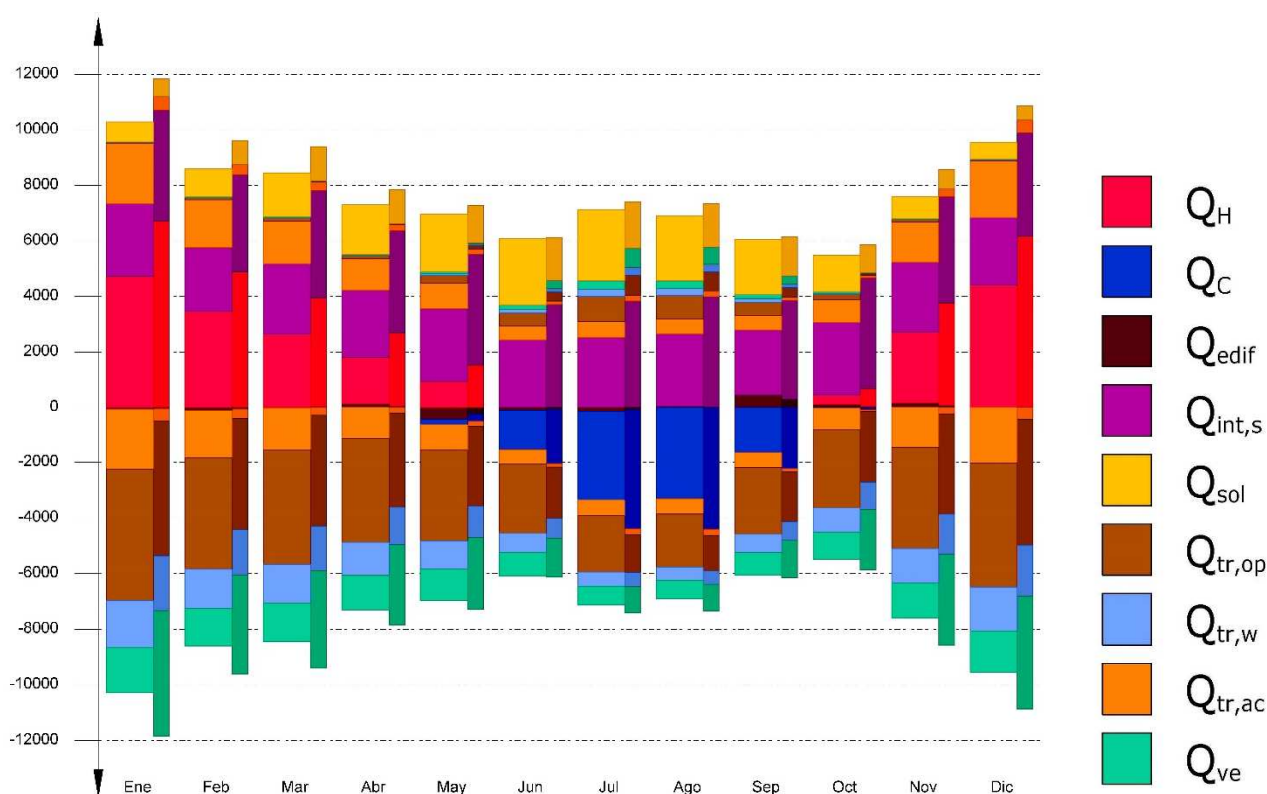


Fig. 33. Sección del edificio con transmitancias de los elementos de la envolvente. Caso I. Fuente: Elaboración propia

Sin aplicar ninguna solución pasiva se cumple el DB HE-0, HE-1 y HE-4 del CTE.

6.4.2. Datos energéticos de las simulación

Teniendo en cuenta todos los datos de partida descritos en los apartados anteriores, se obtiene de la simulación que:



| | Ene (kWh) | Feb (kWh) | Mar (kWh) | Abr (kWh) | May (kWh) | Jun (kWh) | Jul (kWh) | Ago (kWh) | Sep (kWh) | Oct (kWh) | Nov (kWh) | Dic (kWh) | Año (kWh /año) (kWh/ (m²·a)) | |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|---------------------------------|-------|
| Balance energético anual del edificio. | | | | | | | | | | | | | | |
| $Q_{tr,op}$ | 27.0 -4725.5 | 82.6 -4013.1 | 115.2 -4133.1 | 113.6 -3742.9 | 284.8 -3265.1 | 476.5 -2505.8 | 902.8 -2019.6 | 845.5 -1924.0 | 467.4 -2408.0 | 200.0 -2812.0 | 85.6 -3641.7 | 50.0 -4447.5 | -35987.1 | -67.9 |
| $Q_{tr,w}$ | 1.8 -1693.9 | 5.9 -1400.3 | 12.0 -1385.1 | 12.7 -1189.0 | 57.8 -1015.4 | 122.0 -690.5 | 273.8 -501.3 | 257.7 -468.2 | 129.0 -659.4 | 29.0 -873.7 | 8.1 -1248.0 | 3.5 -1585.4 | -11796.8 | -22.2 |
| $Q_{tr,ac}$ | 2179.5 -2179.5 | 1723.5 -1723.5 | 1528.8 -1528.8 | 1133.4 -1133.4 | 910.7 -910.7 | 503.2 -503.2 | 568.8 -568.8 | 535.5 -535.5 | 533.1 -533.1 | 809.9 -809.9 | 1455.3 -1455.3 | 2029.7 -2029.7 | | |
| Q_{vc} | 10.1 -1618.2 | 31.3 -1345.1 | 40.0 -1395.4 | 38.2 -1234.4 | 78.5 -1128.2 | 161.2 -837.0 | 294.3 -678.1 | 272.9 -671.3 | 151.2 -804.9 | 65.1 -959.9 | 30.8 -1251.9 | 19.0 -1488.9 | -12220.8 | -23.0 |
| $Q_{int,s}$ | 2632.1 -11.6 | 2307.6 -10.2 | 2555.5 -11.3 | 2424.8 -10.7 | 2632.1 -11.6 | 2442.8 -10.8 | 2532.9 -11.2 | 2623.1 -11.6 | 2352.6 -10.4 | 2627.6 -11.6 | 2519.4 -11.1 | 2456.3 -10.8 | 29973.8 | 56.5 |
| Q_{sol} | 724.5 -5.1 | 998.0 -6.9 | 1583.0 -10.7 | 1793.3 -11.9 | 2091.5 -13.6 | 2401.3 -15.6 | 2581.6 -16.8 | 2358.5 -15.4 | 1989.5 -13.2 | 1317.5 -9.1 | 798.4 -5.6 | 600.8 -4.2 | 19109.9 | 36.0 |
| Q_{edif} | -64.4 | -111.8 | -10.4 | 136.4 | -458.1 | -108.2 | -171.2 | 40.6 | 453.7 | 120.4 | 167.9 | 5.0 | | |
| Q_H | 4723.2 | 3461.9 | 2640.2 | 1670.0 | 941.7 | -- | -- | -- | -- | 330.2 | 2548.1 | 4402.1 | 20717.5 | 39.1 |
| Q_C | -- | -- | -- | -- | -194.3 | -1436.0 | -3187.3 | -3307.8 | -1647.6 | -23.5 | -- | -- | -9796.5 | -18.5 |
| Q_{HC} | 4723.2 | 3461.9 | 2640.2 | 1670.0 | 1135.9 | 1436.0 | 3187.3 | 3307.8 | 1647.6 | 353.8 | 2548.1 | 4402.1 | 30513.9 | 57.5 |

donde:

Fig. 34. Balance energético edificio completo. Caso I. Fuente: Elaboración propia. Software: Cypcadmep

$$\%AD = 100 \cdot (D_{G,ref} - D_{G,obj}) / D_{G,ref} = 100 \cdot (74.6 - 52.0) / 74.6 = 30.3 \% \geq \%AD_{exigido} = 20.0 \%$$



donde:

- $\%AD$: Porcentaje de ahorro de la demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración respecto al edificio de referencia.
- $\%AD_{exigido}$: Porcentaje de ahorro mínimo de la demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración respecto al edificio de referencia para edificios de otros usos en zona climática de verano 3 y **Media** carga de las fuentes internas del edificio, (tabla 2.2, CTE DB HE 1), **20.0 %**.
- $D_{G,obj}$: Demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración del edificio objeto, calculada como suma ponderada de las demandas de calefacción y refrigeración, según $D_G = D_c + 0.7 \cdot D_{in}$ en territorio peninsular, kWh/(m²·año).
- $D_{G,ref}$: Demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración del edificio de referencia, calculada en las mismas condiciones de cálculo que el edificio objeto, obtenido conforme a las reglas establecidas en el Apéndice D de CTE DB HE 1 y el documento 'Condiciones de aceptación de programas alternativos a LIDER/CALENER'.

Fig. 35. Porcentaje de ahorro de la demanda energética respecto al edificio de referencia. Caso I.
Fuente: Elaboración propia. Software: Cypecadmep

- Observando el gráfico de barras de la figura 33, se puede apreciar que las barras más anchas correspondientes al edificio objeto son de menor longitud que las del edificio de referencia y en conjunto se produce un ahorro del 30,3 % con respecto al edificio de referencia.
- Numéricamente y para cada mes en la figura inferior, se establece la transmisión térmica a través de los elementos explicados en el punto 6.3.2 y nos da que el edificio necesita un aporte de energía de 30.513 kWh/año de calefacción y refrigeración.
- En este caso los datos de pérdidas son iguales al caso 0, excepto en la ventilación ya que se ha considerado, por planta, la instalación de un sistema de ventilación mecánica controlada con recuperación de energía de 85%.
- El edificio cumple con el HE-1 ya que el porcentaje de ahorro en la demanda conjunta de calefacción y refrigeración es del 30,3% (superior al 20%) con respecto a la demanda conjunta del edificio de referencia.
- Las ganancias debidas a las cargas internas por ocupación y a la aportación solar a través de los vidrios también son iguales a las del caso 0. Por lo tanto, la energía restante necesaria para alcanzar la temperatura de consigna debe aportarse mediante el sistema de calefacción y refrigeración.

Los resultados en cuanto a demandas y cargas de climatización son:

| CASO I | | | | |
|-----------------------------------|--|-----------|--------------|--------------|
| CYPECAD MEP | | | | HULC |
| CALEFACCIÓN | Demanda (kwh/m2a) | | Carga (w/m2) | Demanda |
| | 39.10 | | 10.43 | 27.10 |
| REFRIGERACIÓN | Demanda (kwh/m2a) | | Carga (w/m2) | Demanda |
| Demanda (kwh/m2a) | 18.5 | | 9.51 | 30.10 |
| Renovaciones hora | 0.2 (recuperación de calor 85%) | | | |
| ACS | No renovable | | Renovable | |
| Demanda (kwh/m2a) | 23.37 | | 23.37 | |
| ELECTRICIDAD (varios) | Iluminación | Equipos | TOTAL | |
| Demanda (kwh/m2a) | 33.40 | 10.02 | 43.42 | |
| DEMANDA TOTAL ENERGÍA | Calefac, refrig, ACS, electr. varios | | | |
| Demanda (kwh/m2a) | 147.75 | | | |
| C. E.P. (calef, ref, ACS e ilum.) | No renovable | Renovable | TOTAL | No renovable |
| Consumo (kwh/m2a) | 129.88 | 27.51 | 157.39 | 155.20 |
| Emissiones de CO2 (Tn/a) | | | | 13,92 |

Tabla 10. Tabla de resultados energéticos caso I. FUENTE: elaboración propia. SOFTWARE: Cypecadmep y HULC.

Observando los datos obtenidos por los dos programas con los que se han realizado las simulaciones podemos decir que en materia de demanda los resultados obtenidos en ambos casos siguen siendo muy similares. En la demanda de calefacción el HULC es inferior del orden de 12,0 kwh/m2a menos y en la demanda de refrigeración el HULC es superior en 12 kwh/m2a más. En el consumo de energía primaria no renovable la diferencia es que el resultado del HULC es 25 kwh/m2a superior.

6.4.3. Calificación energética del edificio.

Tras pasando los datos del edificio del programa Cypecadmep al programa HULC e introduciendo los sistemas activos (calefacción, refrigeración y ACS) se obtiene la

calificación energética del edificio. Al tratar el edificio con el programa HULC no cumple el HE-1 ya que no se consigue un ahorro de la demanda conjunta de calefacción y refrigeración superior al 20% respecto a la misma demanda del edificio

| | | | | | |
|----------------------|------------------------------------|------------------------|------------------------------------|--|------------------------|
| Ahorro alcanzado (%) | <input type="text" value="0,96"/> | Ahorro mínimo (%) | <input type="text" value="20,00"/> | <input type="text" value="No cumple"/> | |
| $D_{cal(0,80),O}$ | <input type="text" value="45,52"/> | kWh/m ² año | $D_{cal(0,80),R}$ | <input type="text" value="32,78"/> | kWh/m ² año |
| $D_{ref(0,80),O}$ | <input type="text" value="27,62"/> | kWh/m ² año | $D_{ref(0,80),R}$ | <input type="text" value="46,73"/> | kWh/m ² año |
| $D_{G(0,80),O}$ | <input type="text" value="64,85"/> | kWh/m ² año | $D_{G(0,80),R}$ | <input type="text" value="65,49"/> | kWh/m ² año |

Consumo de energía primaria no renovable**

| | | | | | |
|---------------------------------|-------------------------------------|--|--------------------------------|--|------------------------|
| Calificación (C _{ep}) | <input type="text" value="B"/> | Calificación mínima (C _{ep}) | <input type="text" value="B"/> | <input type="text" value="Sí cumple"/> | |
| C _{ep} | <input type="text" value="155,18"/> | kWh/m ² año | C _{ep,B-C} | <input type="text" value="198,19"/> | kWh/m ² año |

Fig. 36. Resultados con respecto al edificio de referencia. Caso I. Fuente: elaboración propia. Software: HULC

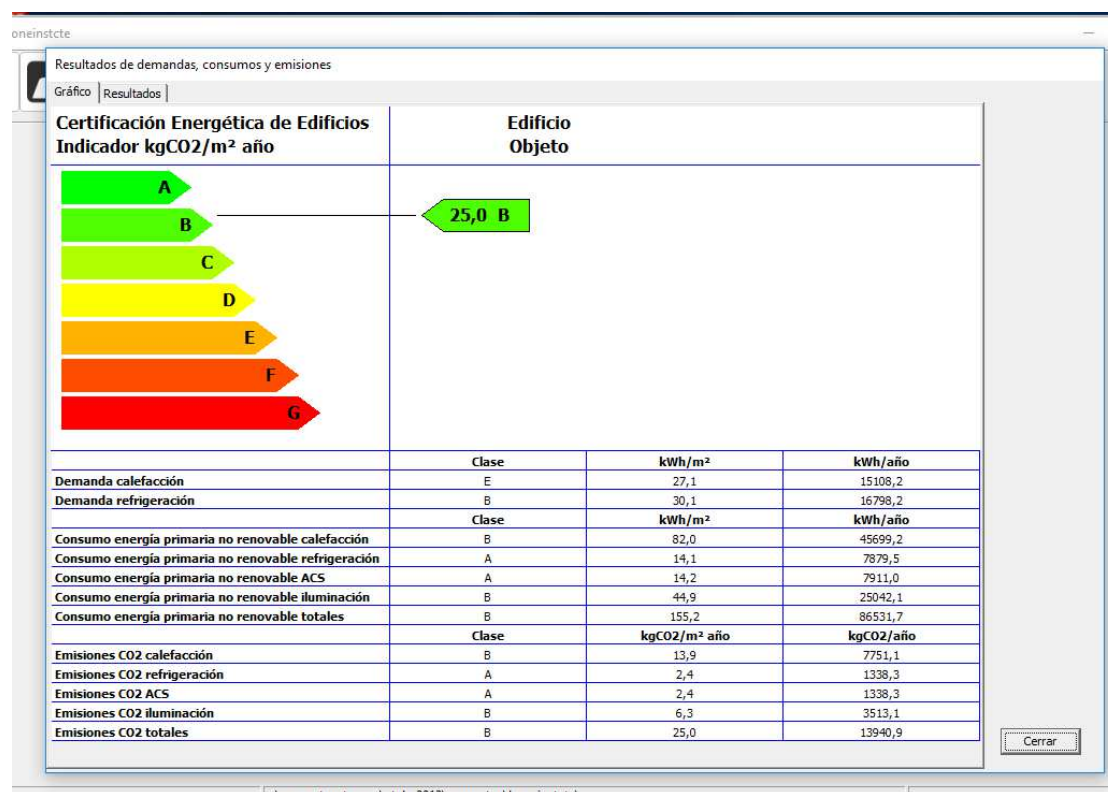


Fig. 37. Calificación energética del edificio. Caso I. Fuente: elaboración propia. Software: HULC

Como resultado de la rehabilitación en el caso I el edificio obtiene una calificación energética B.

6.4.4. Análisis de resultados respecto al caso 0.

A continuación se muestra el ahorro energético obtenido en este caso y su valoración económica. En la demanda se ha considerado la de calefacción, refrigeración, ACS y la generada por la ventilación mecánica controlada. Para el cálculo del coste de la energía se han tenido en cuenta los rendimientos de los sistemas de expuestos en los apartados anteriores, la superficie habitable del edificio (530 m²), un coste unitario de la energía de 0.18 e/kWh eléctrico y 0.07 e/kWh gas, y se han considerado un incremento anual de la energía del 6 % durante los 15 primeros años y del 3 % el resto de los años hasta alcanzar los 50 años de vida útil. También se ha considerado una depreciación de la moneda del 3 % (KNAUF INSULATION, 2014). En la siguiente tabla no se tiene en cuenta el coste de la rehabilitación, si se tendrá en cuenta posteriormente para compararlo con todos los casos y calcular el retorno de la inversión.

| | Caso 0 | Caso I |
|------------------------------------|---------|---------|
| Demanda (kwh/m2a) | 137.03 | 106.59 |
| Reducción demanda (%) | | 22 % |
| Ahorro energético(kwh/m2a) | | 30.44 |
| Ahorro ener. total (kwh/a) | | 16 133 |
| Ahorro ener. total (50 años) (Mwh) | | 806.66 |
| Coste energía el 1º año (euros) | 6 325 | 3 371 |
| Ahorro económico el 1º año | | 2 954 |
| Ahorro económico a 15 años | | 57 914 |
| Ahorro económico a 50 años | | 203 585 |
| Gasto en energía a 50 años | 435 837 | 232 252 |

Tabla 11. Ahorro energético y ahorro económico caso I. FUENTE: elaboración propia.

Analizando los datos de la tabla anterior y sin tener en cuenta el coste de la rehabilitación se produce un ahorro energético de 16.133 kWh/año y de 2.954

Euros/año. A lo largo de la vida útil del edificio (50 años) el ahorro energético será de 806,66 Mwh y el ahorro económico de 203.585 Euros (sin incluir el gasto de las obras) lo que supone un gasto medio mensual en energía de 387 Euros.

6.5. Edificio Caso II.

En este caso y actuando bajo los criterios de Passivhaus se intentará aplicar soluciones propias del estándar, aunque por tratarse de una rehabilitación algunas de ellas ya no será posible aplicarlas o modificarlas, pues vienen impuestas por el diseño original y por la propias Normas Urbanísticas de la localidad.

6.5.1. Criterios passivhaus

Basándome en los criterios del estándar passivhaus explicados en el apartado 5.2.2 de este estudio de caso, existen dos posibilidades de alcanzar el cumplimiento de los criterios, bien por el método de la demanda energética o por el de componentes, por tratarse de una rehabilitación. Se pretende llegar a alcanzar los criterios por el método de la demanda energética.

A continuación se muestra un esquema de las variables que conforman el escenario planteado para el caso II:

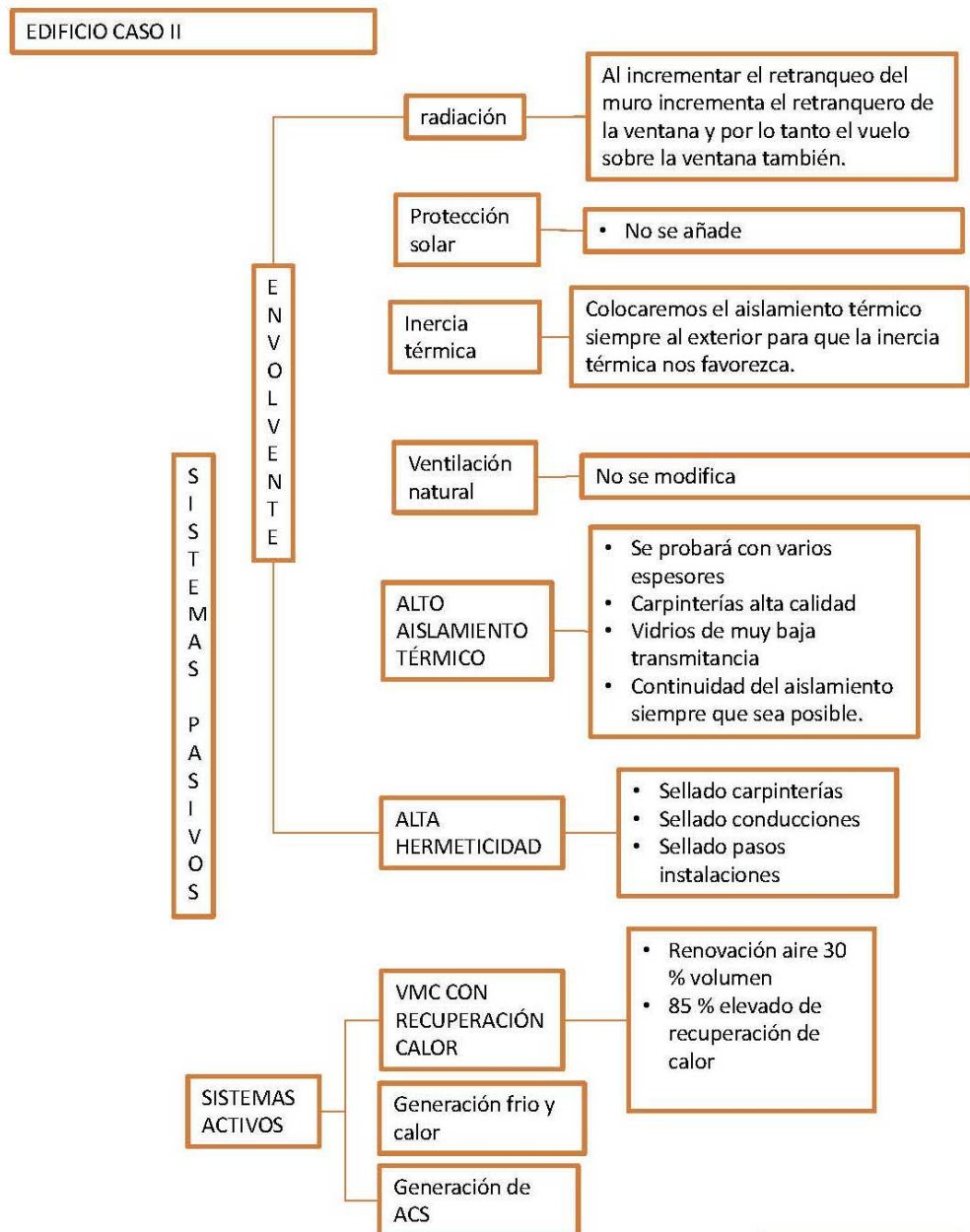


Fig. 38. Escenario del caso II. Fuente: elaboración propia.

En lo que se refiere a sistemas pasivos, se aislará toda la envolvente opaca (fachadas y cubiertas) por el exterior y de forma continua para evitar los puentes térmicos, siempre que sea posible. Esto aumenta el espesor de los muros exteriormente favoreciendo la inercia térmica e incrementando a su vez el retranqueo sobre las ventanas, lo que generará algo más de protección en los huecos respecto a la radiación solar.

Las carpinterías del edificio se sustituirán por unas nuevas con marco de PVC y triple vidrio con muy baja transmitancia y no se instalarán persianas de manera que se reduzcan los posibles puntos de paso de aire no deseados ni controlados.

Todas las carpinterías se colocarán con juntas expansivas y totalmente selladas tanto por el interior, como por el exterior con el aislamiento. Se cerrarán todos los huecos de ventilación existentes en el hostel colocándose unas piezas de ventilación en las bajantes de saneamiento que hacen que estas no tengan que estar conectadas con el exterior. Se sellarán todos los pasos de conducciones o instalaciones (bajantes, enchufes, cajas electricidad, etc) mediante espumas o cintas de sellado según convenga. Con estas medidas se intenta conseguir un edificio más hermético para evitar infiltraciones de aire no controladas.

En cuanto a los sistemas activos, se instalará un sistema de ventilación mecánica controlada con recuperación de calor al igual que en el caso I, de forma que regule las renovaciones hora a lo que nos indica el estándar como mínimo exigido.

6.5.2. Soluciones aplicables en la rehabilitación

SOLUCIÓN APLICABLE CASO II

Sistemas pasivos:

- Aislamiento exterior de placas de lana de roca de 10 cm sobre la envolvente, excepto donde hay edificios colindantes, sellado de juntas y aplicación de mortero por el exterior. (la Normativa urbanística de la localidad sólo permite salientes de 10 cm con respecto a las alineaciones)
- Trasdoso de cartón yeso con aislante de lana de roca de 5 cm con los edificios colindantes y con espacios no calefactados (escalera, ascensor, y office).
- Aislamiento de lana de roca de alta densidad de 4 cm de espesor sobre suelos de plantas (Suelo PB, suelo P1 y suelo P2).
- Aislamiento XPS de 10 cm sobre terrazas de cubierta plana y sobre suelo PBC

- Aislamiento proyectado de celulosa de 15 cm entre tabiquillos de cubierta en PBC.
- Carpinterías de PVC $U_f=1.0$ y vidrio triple con gas argón (3/3+16+4+16+3/3 bajo emisivo) de $U_g=0.70$ colocadas con junta expansiva entre la obra y la carpintería y sellado interiormente con el tabique y exteriormente con el SATE mediante cinta adhesiva.
- Tapado de huecos existentes en los techos y tabiques del hostal y posterior enlucido de yeso.
- Sellado mediante lámina de hermeticidad o cinta adhesiva de los pasos de conductos y canalizaciones en el interior del hostal.

Sistemas activos:

- Sistema de ventilación mecánica controlado con una renovación del volumen de aire del hostal de 57,6 m³/h por habitación y con una tasa de recuperación de calor del 85 % de dicho volumen a renovar con un consumo de 2,26 kWh/m²a.
- Instalación de 3 equipos de bomba de calor para climatización uno en cada planta del hostal. (5.7/7.0 kw refrigeración/ calefacción 5.70/4.00 SEER/ SCOP)
- Instalación de bomba de calor aerotérmica para ACS de 14 kw de potencia (COP 3,00) con 2 termos acumuladores de doble serpentín de 500 l cada uno para el hostal.

caso 2

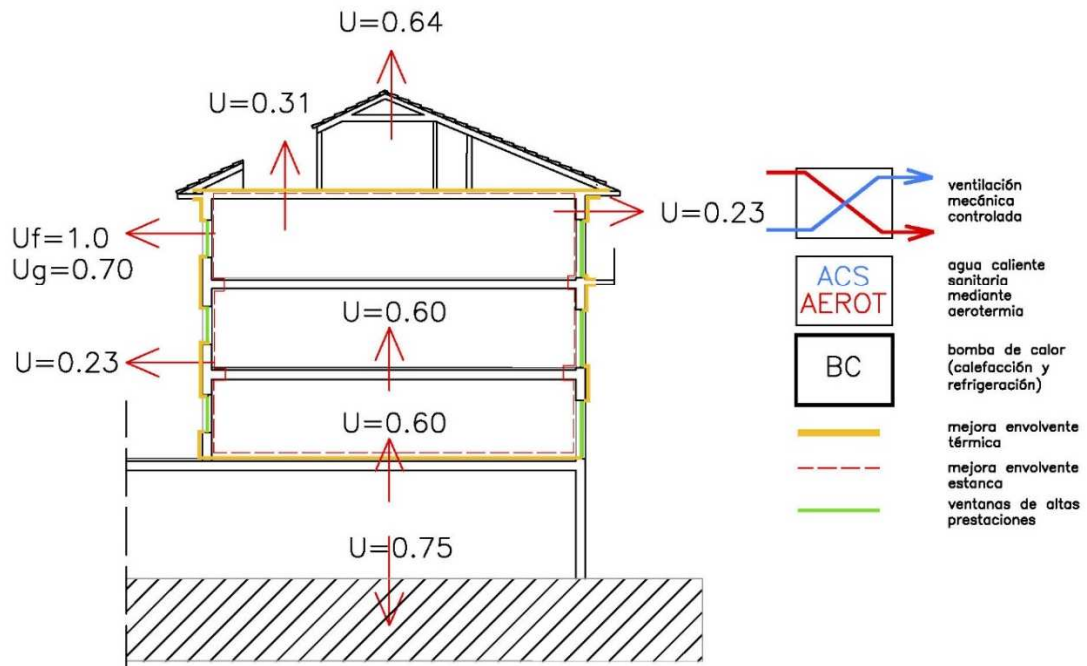
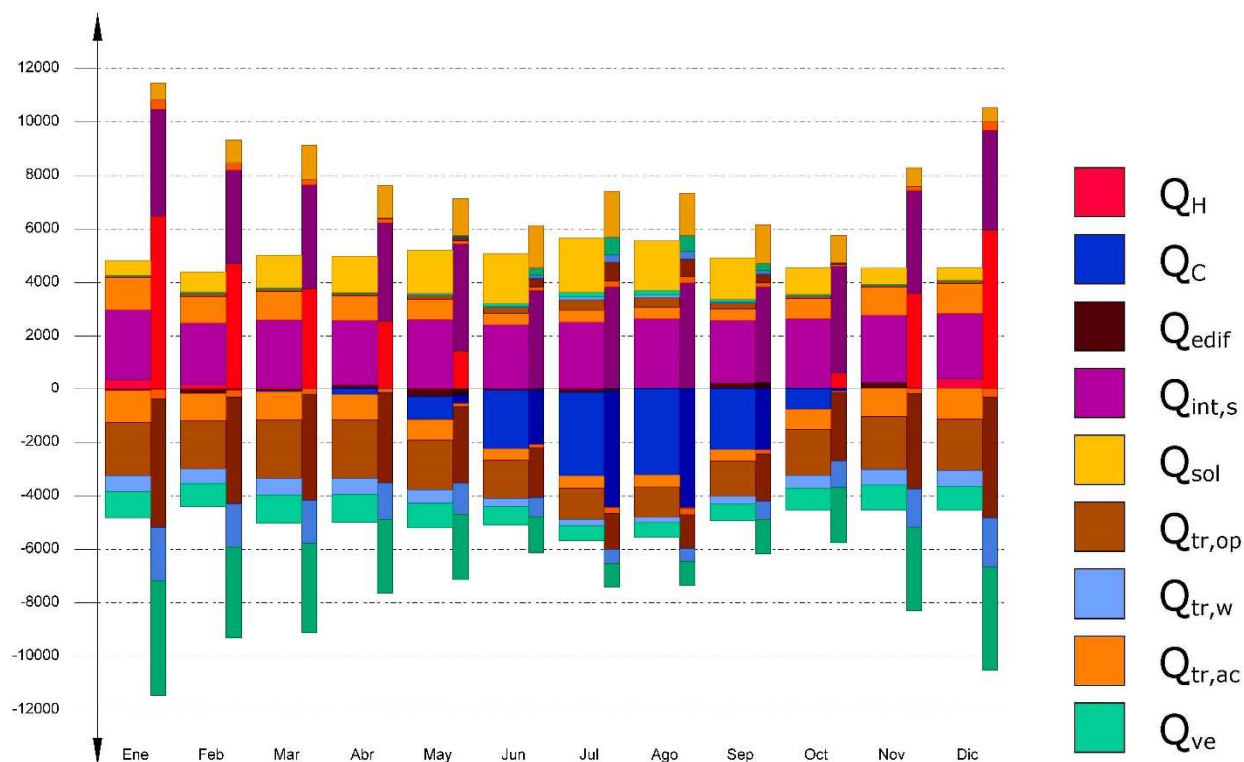


Fig. 39. Sección del edificio con transmitancias de los elementos de la envolvente. Caso II. Fuente: Elaboración propia

6.5.3. Datos energéticos de la simulación

Teniendo en cuenta todos los datos de partida descritos en los apartados anteriores, se obtiene de la simulación que:



| | Ene (kWh) | Feb (kWh) | Mar (kWh) | Abr (kWh) | May (kWh) | Jun (kWh) | Jul (kWh) | Ago (kWh) | Sep (kWh) | Oct (kWh) | Nov (kWh) | Dic (kWh) | Año (kWh /año) (kWh/ m²·a) | |
|--|-------------------|------------------|-------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------------|-------|
| Balance energético anual del edificio. | | | | | | | | | | | | | | |
| $Q_{tr,op}$ | 57.3 -1984.4 | 107.6 -1819.6 | 96.5 -2184.1 | 66.8 -2186.7 | 137.8 -1879.7 | 217.9 -1431.3 | 397.7 -1188.6 | 367.1 -1143.2 | 219.8 -1320.8 | 103.1 -1717.2 | 70.6 -1974.8 | 75.6 -1920.9 | -18833.6 | -35.5 |
| $Q_{tr,w}$ | 4.7 -612.0 | 9.0 -537.0 | 8.0 -621.7 | 5.6 -602.2 | 17.5 -497.2 | 41.2 -307.6 | 97.0 -213.8 | 90.7 -199.4 | 46.2 -274.4 | 9.3 -469.2 | 5.9 -580.8 | 6.3 -587.4 | -5161.3 | -9.7 |
| $Q_{tr,ac}$ | 1186.0 -1186.0 | 993.9 -993.9 | 1061.9 -1061.9 | 935.3 -935.3 | 760.6 -760.6 | 423.7 -423.7 | 442.3 -442.3 | 436.7 -436.7 | 421.4 -421.4 | 746.5 -746.5 | 1040.9 -1040.9 | 1131.6 -1131.6 | | |
| Q_{ve} | 26.0 -954.2 | 49.4 -855.8 | 43.8 -1036.0 | 30.8 -1029.8 | 61.8 -917.0 | 107.5 -677.2 | 189.0 -560.7 | 173.7 -550.7 | 104.4 -620.4 | 48.7 -831.5 | 32.5 -942.0 | 34.9 -902.0 | -8974.8 | -16.9 |
| $Q_{int,s}$ | 2630.4 -3.4 | 2306.1 -3.0 | 2553.9 -3.3 | 2423.2 -3.2 | 2630.4 -3.4 | 2441.2 -3.2 | 2531.3 -3.3 | 2621.4 -3.4 | 2351.2 -3.1 | 2625.9 -3.4 | 2517.8 -3.3 | 2454.8 -3.2 | 30048.5 | 56.7 |
| Q_{sol} | 539.5 -1.7 | 739.5 -2.4 | 1193.1 -3.8 | 1355.9 -4.4 | 1600.4 -5.2 | 1864.8 -6.1 | 2021.3 -6.6 | 1841.3 -6.0 | 1530.8 -5.0 | 979.8 -3.1 | 595.0 -1.9 | 450.0 -1.4 | 14663.8 | 27.7 |
| Q_{edif} | -73.1 | -187.9 | -60.6 | 168.5 | -288.7 | -62.7 | -135.4 | 34.6 | 252.1 | 34.0 | 281.0 | 38.1 | | |
| Q_H | 371.0 | 194.1 | 60.7 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | 355.2 | 981.0 | 1.9 |
| Q_c | -- | -- | -46.2 | -224.7 | -856.9 | -2184.6 | -3128.0 | -3226.0 | -2280.9 | -776.3 | -- | -- | -12723.6 | -24.0 |
| Q_{HC} | 371.0 | 194.1 | 106.9 | 224.7 | 856.9 | 2184.6 | 3128.0 | 3226.0 | 2280.9 | 776.3 | -- | 355.2 | 13704.5 | 25.9 |

donde:

Fig. 40. Balance energético edificio completo Caso II. Fuente: Elaboración propia. Software: Cypecadmep

$$\%AD = 100 \cdot (D_{G,ref} - D_{G,obj}) / D_{G,ref} = 100 \cdot (72.7 - 18.7) / 72.7 = \mathbf{74.3 \%} \geq \%AD_{exigido} = \mathbf{20.0 \%}$$



donde:

- $\%AD$: Porcentaje de ahorro de la demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración respecto al edificio de referencia.
- $\%AD_{exigido}$: Porcentaje de ahorro mínimo de la demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración respecto al edificio de referencia para edificios de otros usos en zona climática de verano 3 y **Media** carga de las fuentes internas del edificio, (tabla 2.2, CTE DB HE 1), **20.0 %**.
- $D_{G,obj}$: Demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración del edificio objeto, calculada como suma ponderada de las demandas de calefacción y refrigeración, según $D_G = D_c + 0.7 \cdot D_{in}$, en territorio peninsular, kWh/(m²·año).
- $D_{G,ref}$: Demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración del edificio de referencia, calculada en las mismas condiciones de cálculo que el edificio objeto, obtenido conforme a las reglas establecidas en el Apéndice D de CTE DB HE 1 y el documento 'Condiciones de aceptación de programas alternativos a LIDER/CALENER'.

Fig. 41. Porcentaje de ahorro de la demanda energética respecto al edificio de referencia. Caso II.
 Fuente: Elaboración propia. Software: Cypecadmep

- Observando el gráfico de barras de la figura 39, se puede apreciar que las barras más anchas correspondientes al edificio objeto son de mucha menor longitud que las del edificio de referencia y en conjunto se produce un ahorro del 74,3 % con respecto al edificio de referencia.
- Númericamente y para cada mes en la figura inferior, se establece la transmisión térmica a través de los elementos explicados en el punto 6.3.2 y nos da que el edificio necesita un aporte de energía de 13.704 kWh/año de calefacción y refrigeración.
- En este caso y al haber aplicado aislamientos a toda la envolvente del edificio y al haber cambiado las ventanas por unas de altas prestaciones energéticas se reducen los datos de pérdidas energéticas por estos elementos.
- El edificio cumple sobradamente con el HE-1 ya que el porcentaje de ahorro en la demanda conjunta de calefacción y refrigeración es del 74,3% (superior al 20%) con respecto a la demanda conjunta del edificio de referencia.
- Las ganancias debidas a las cargas internas por ocupación son iguales aunque las debidas a la aportación solar a través de los vidrios son inferiores debido a que la posición de la carpintería respecto a la fachada es 10 cm más adentro (el espesor de la fachada es 10 cm mayor debido a la capa de aislamiento exterior de 10 cm). Por lo tanto, la energía restante necesaria para alcanzar la temperatura de consigna debe aportarse mediante el sistema de calefacción y refrigeración.

Los resultados en cuanto a demandas y cargas de climatización son:

| CASO II-PASSIVHAUS | | | | |
|---------------------------------|--|--------------|--------|--------------|
| CYPECAD MEP | | | | HULC |
| CALEFACCIÓN | | | | Demanda |
| Demanda (kwh/m2a) | 1.90 | Carga (w/m2) | 3.08 | 1.20 |
| REFRIGERACIÓN | | | | Demanda |
| Demanda (kwh/m2a) | 24.00 | Carga (w/m2) | 7.10 | 39.80 |
| Renovaciones hora | 0.2 (recuperación de calor 85%) | | | |
| ACS | No renovable | Renovable | | |
| Demanda (kwh/m2a) | 23.37 | 23.37 | | |
| ELECTRICIDAD (varios) | Iluminación | Equipos | TOTAL | |
| Demanda (kwh/m2a) | 33.40 | 10.02 | 43.42 | |
| DEMANDA TOTAL ENERGÍA | Calef., refriger., ACS, electr. varios | | | |
| Demanda (kwh/m2a) | 116.05 | | | |
| C.E.P. (calef, ref, ACS e ilum) | No renovable | Renovable | TOTAL | No renovable |
| Consumo (kwh/m2a) | 104.83 | 22.21 | 127.04 | 81.0 |
| Emisiones de CO2 (Tn/a) | | | | 6.96 |

Tabla 12. Tabla de resultados energéticos Caso II. FUENTE: elaboración propia. SOFTWARE: Cypecadmep y HULC.

Observando los datos obtenidos por los dos programas con los que se han realizado las simulaciones podemos decir que en materia de demanda de calefacción los resultados obtenidos en ambos casos siguen muy parecidos, en la demanda de refrigeración el HULC es superior en 15 kwh/m2a y en el consumo de energía primaria no renovable el resultado del HULC es 23 kwh/m2a inferior.

Ahora vamos a calcular la demanda de energía primaria renovable según los estándares del Passivhaus. Utilizamos los datos de demanda de calefacción y refrigeración obtenidos de la simulación del edificio. En el caso del ACS el 50% de la demanda se cubre con energía renovable (aeroterminia) y el resto se considera que se cubre con electricidad. En el caso de la demanda de electricidad, en iluminación, se considera toda la potencia de iluminación instalada (2.637 w) funcionando durante 4

horas los 365 días del año, y en equipos, se consideran los 2,26 kWh/m²a del recuperador de calor.

Los valores de demanda de EPR calculados con los factores EPR del estándar se muestran en la tabla inferior.

| DEMANDA A EPR | Factor EPR | Demd. C | Demd. R | Demd.ACS (renov) | Demd. ACS (no renov) | Demd. Elec. |
|------------------|--|---------|--------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------|
| <u>3.32</u> | 1.75 | 1.90 | | | | |
| <u>32.40</u> | 1.35 | | 24.0 | | | |
| <u>0.00</u> | 0.00 | | | 23.36 | | |
| <u>29.20</u> | 1.25 | | | | 23.36 | |
| <u>11.90</u> | 1.25 | | | | | 9.52 |
| 76.82 | | | TOTAL DEMANDA EPR | | | |
| GER | Energía renovable ACS (kwh/a) | | | Terreno | | |
| <u>81.48</u> | 12385 | | | 152 | | |
| 81.48 | GENERACIÓN ENERGÍA RENOVABLE (ref. huella proy. Edificio) | | | | | |

Tabla 13. Tabla de valores de la demanda de EPR y generación EPR caso II. FUENTE: elaboración propia a partir de los datos de la demanda obtenidos de Cypcadmep y de los factores EPR (ENERGIEHAUS ARQUITECTOS, 2015).

El edificio cumple el estándar **EnerPHit classic**. Según los datos, la demanda de energía primaria renovable supera a la límite establecida por EnerPHit classic (76.59 kWh/m²a) en menos de 15 kWh/m²a obtenida según la fórmula $60 + (Q_h - Q_{h,PH}) \cdot f_{PERh} + (Q_c - Q_{c,PH})^{1/2}$ (64.50 kWh/m²a), la demanda de calefacción cumple con los estándares passivhaus classic (<15 kwh/m²a) y enerPHit classic (<25 kwh/m²a) al igual que la carga de refrigeración (<10 w/m²). Como no cumple la demanda de energía primaria renovable se puede cumplir el estándar EnerPHit classic generando 15 kWh/m²a de generación de energía renovable referida a la superficie del terreno (152 m²), $(15 \times 530) / 152 = 52,30$ kWh/m²a. Observando los datos de generación de energía renovable de la tabla superior tenemos que el edificio genera 81.48 kWh/m²a que es superior a los 52,30 kWh/m²a establecidos como límite mínimo de generación de

energía renovable para el EnerPHit. (resultantes de generar 15 kWh/m²a repercutidos en la superficie del terreno 152 m²).

6.5.4. Calificación energética del edificio.

Tras pasando los datos del edificio del programa Cypecadmep al programa HULC e introduciendo los sistemas activos (calefacción, refrigeración y ACS) se obtiene la calificación energética del edificio.

| | | | | | |
|--------------------------|------------------------------------|------------------------|------------------------------------|--|------------------------|
| Ahorro alcanzado (%) | <input type="text" value="47,56"/> | Ahorro mínimo (%) | <input type="text" value="20,00"/> | <input type="text" value="Sí cumple"/> | |
| D _{cal(0,80),O} | <input type="text" value="12,49"/> | kWh/m ² año | D _{cal(0,80),R} | <input type="text" value="33,11"/> | kWh/m ² año |
| D _{ref(0,80),O} | <input type="text" value="30,82"/> | kWh/m ² año | D _{ref(0,80),R} | <input type="text" value="45,49"/> | kWh/m ² año |
| D _{G(0,80),O} | <input type="text" value="34,06"/> | kWh/m ² año | D _{G(0,80),R} | <input type="text" value="64,95"/> | kWh/m ² año |

Consumo de energía primaria no renovable**

| | | | | | |
|---------------------------------|------------------------------------|--|--------------------------------|--|------------------------|
| Calificación (C _{ep}) | <input type="text" value="A"/> | Calificación mínima (C _{ep}) | <input type="text" value="B"/> | <input type="text" value="Sí cumple"/> | |
| C _{ep} | <input type="text" value="81,00"/> | kWh/m ² año | C _{ep,B-C} | <input type="text" value="162,60"/> | kWh/m ² año |

Fig. 42. Resultados con respecto al edificio de referencia. Caso II. Fuente: elaboración propia. Software: HULC

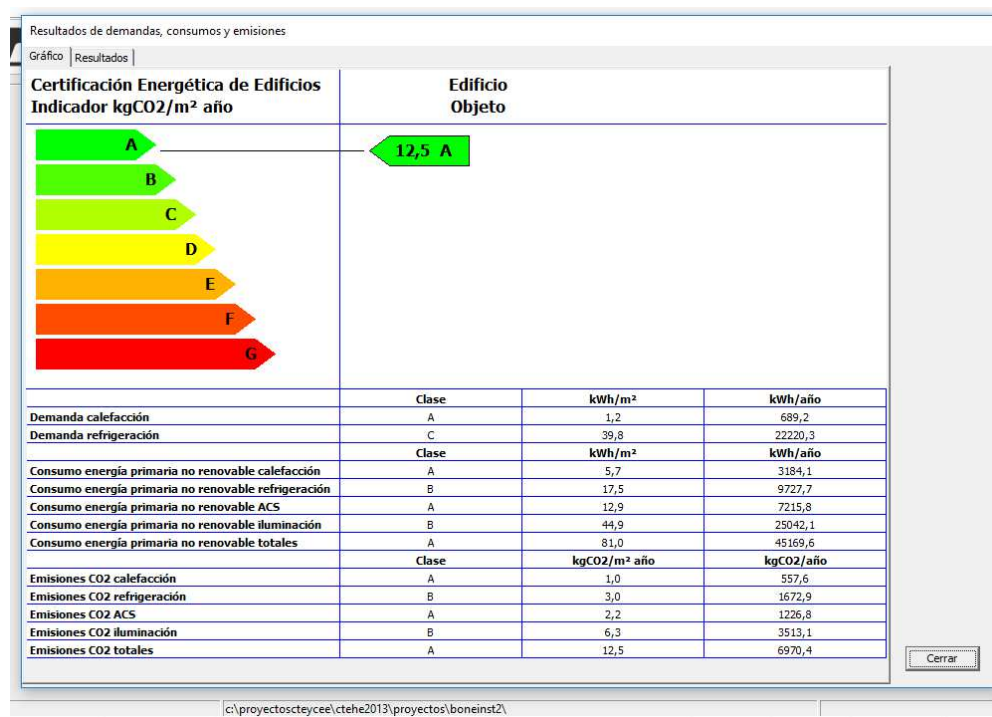


Fig. 43. Calificación energética del edificio. Caso II. Fuente: elaboración propia. Software: HULC

Como resultado de la rehabilitación en el caso II el edificio obtiene una calificación energética A.

6.5.5. Análisis de resultados respecto al caso 0.

A continuación se muestra el ahorro energético obtenido en este caso y su valoración económica. Tanto en la demanda como en el coste de la energía se han tenido en cuenta las demandas de calefacción, refrigeración, ACS y VMC.

Los resultados obtenidos se expresan en la siguiente tabla:

| | Caso 0 | Caso II |
|------------------------------------|---------|----------|
| Demanda (kwh/m2a) | 137.03 | 74.89 |
| Reducción demanda (%) | | 45 % |
| Ahorro energético(kwh/m2a) | | 62.14 |
| Ahorro ener. total (kwh/a) | | 32 934 |
| Ahorro ener. total (50 años) (Mwh) | | 1 646.71 |
| Coste energía el 1º año (euros) | 6 325 | 2 148 |
| Ahorro económico el 1º año | | 4 177 |
| Ahorro económico a 15 años | | 81 886 |
| Ahorro económico a 50 años | | 287 857 |
| Gasto en energía a 50 años | 435 837 | 147 980 |

Tabla 14. Ahorro energético y ahorro económico caso II. FUENTE: elaboración propia.

Analizando los datos de la tabla anterior y sin tener en cuenta el coste de la rehabilitación se produce un ahorro energético de 32.934 kWh/año y de 4.177 Euros/año. A lo largo de la vida útil del edificio (50 años) el ahorro energético será de 1.646,71 Mwh y el ahorro económico total de 287.857 Euros (sin incluir el gasto de las obras) lo que supone un gasto medio mensual en energía de 246 euros.

6.6. Edificio Caso III.

En este caso y actuando bajo los criterios de Passivhaus se intentará conseguir una calificación EnerPHit plus dentro del estándar Passivhaus.

6.6.1. Criterios passivhaus

A continuación se muestra un esquema de las variables que conforman el escenario planteado para el caso III:



Fig. 44. Escenario del caso II. Fuente: elaboración propia.

Basándome en los criterios del estándar passivhaus explicados en el apartado 5.2.2 de este estudio de caso, para conseguir una calificación EnerPHit plus se necesita reducir la Demanda PER en 15 kWh/m²año.

6.6.2. Soluciones aplicables en la rehabilitación

SOLUCIÓN APLICABLE CASO III

Sistemas pasivos:

- Se consideran los mismos sistemas pasivos que en el caso II.

Sistemas activos:

- Se considera el mismo sistema de ventilación mecánica controlada, el mismo sistema de climatización y el mismo sistema de producción de ACS que en el caso II.
- Se considera la instalación de un sistema de energía solar fotovoltaica compuesto por 18 paneles de tipo cristalino de dimensiones 1,65x1,00 m y 250 w de potencia.

- Se considera la instalación de un sistema de energía solar térmica compuesto de 2 bloques de 3 paneles de 2,5 m² de superficie de captación cada panel.

caso 3

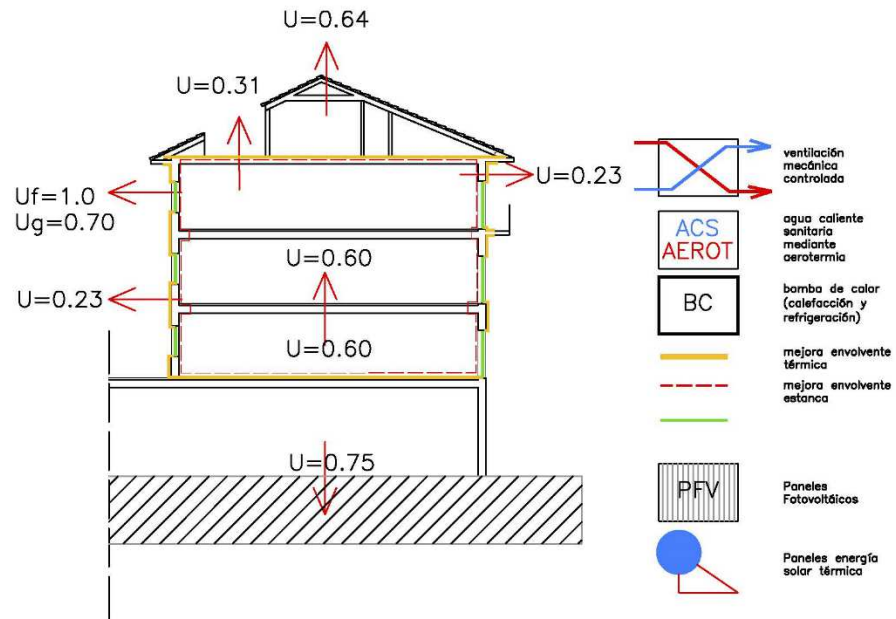


Fig. 45. Sección del edificio con transmitancias de los componentes de la envolvente. Caso III). Fuente: Elaboración propia

6.6.3. Datos energéticos de la simulación

Los resultados en cuanto a demandas y cargas de climatización son:

| CASO III-PASSIVHAUS | | | | | |
|---------------------------------|--|--------------------------|--------------------|-------|--------------|
| CYPECAD MEP | | | | | HULC |
| CALEFACCIÓN | | | | | Demanda |
| Demanda (kwh/m2a) | 1.90 | Carga (w/m2) | 3.08 | | 1.20 |
| REFRIGERACIÓN | | | | | Demanda |
| Demanda (kwh/m2a) | 24.00 | Carga (w/m2) | 7.10 | | 39.80 |
| Renovaciones hora | 0.2 (recuperación de calor 85%) | | | | |
| ACS | No renovable | Renovable aerothermia | Renovable solar | | |
| Demanda (kwh/m2a) | 8.41 | 8.41 | 29.90 | | |
| ELECTRICIDAD (varios) | Iluminación | Equipos | Solar fotovolt. | TOTAL | |
| Demanda (kwh/m2a) | 33.40 | 10.02 | 12.05 | 31.37 | |
| DEMANDA TOTAL ENERGÍA | Calef., refig, ACS, electr. varios | | | | |
| Demanda (kwh/m2a) | 74.09 | | | | |
| C.E.P. (calef, ref, ACS e ilum) | No renovable | Renovable | TOTAL | | No renovable |
| Consumo (kwh/m2a) | 73.30 | 60.03 | 133.30 | | 53,58 |
| Emisiones de CO2 (Tn/a) | | | | | 4.07 |

Tabla 15. Tabla de resultados energéticos para caso III. FUENTE: elaboración propia. SOFTWARE: Cypecadmep y HULC.

Con respecto al caso II, la aportación solar térmica y solar fotovoltaica reduce el consumo de energía primaria no renovable en 32 kWh/m2a. Entre los dos programas de cálculo hay diferencia con respecto al consumo de energía primaria no renovable de 20 kWh/m2a. Las emisiones de CO2 se reducen en 2,89 Tn por año.

Los valores de demanda de EPR calculados con los factores EPR del estándar se muestran en la tabla inferior.

| DEMANDA EPR | Factor EPR | Demd. C | Demd. R | Demd.ACS (renov) | Demd. ACS (no renov) | Demd. Elec. |
|----------------|---|---------|---------|---------------------|-------------------------|-------------|
| <u>3.32</u> | 1.75 | 1.90 | | | | |
| <u>32.40</u> | 1.35 | | 24.0 | | | |
| <u>0.00</u> | 0.00 | | | 23.36 | | |
| <u>29.20</u> | 1.25 | | | | 23.36 | |
| <u>11.90</u> | 1.25 | | | | | 9.52 |
| 76.82 | TOTAL DEMANDA EPR | | | | | |
| GER | Solar térmica, fotovoltaica y aerotermia (kwh/a) | | | Terreno (m2) | | |
| <u>175.65</u> | 26 700 | | | 152 | | |
| 175.65 | GENERACIÓN ENERGÍA RENOVABLE (ref. huella proy. Edificio) | | | | | |

Tabla 16. Tabla de valores de la demanda de EPR y generación EPR caso III. FUENTE: elaboración propia a partir de los datos de la demanda obtenidos de Cypecadmep y de los factores EPR (ENERGIEHAUS ARQUITECTOS, 2015).

El edificio no cumple el estándar **EnerPHit plus**. La demanda de energía primaria renovable debe ser inferior a la límite establecida por EnerPHit plus (49.50 kWh/m² año) obtenida según la fórmula $45+(Q_h-Q_{h,PH})\cdot f_{PERh}+(Q_c-Q_{c,PH})^{1/2}$, como la demanda del edificio supera en más de 15 kWh/m²a la límite, no se cumple el estándar EnerPHit plus. Para poder cumplir necesitaríamos rebajar la demanda de refrigeración en 11,11 kWh/m²a aplicando protectores frente al soleamiento en los huecos y cuidando que esta medida no aumentara la demanda de calefacción.

6.6.4. Calificación energética del edificio.

Tras pasando los datos del edificio del programa Cypecadmep al programa HULC e introduciendo los sistemas activos (calefacción, refrigeración, ACS y energía fotovoltaica) se obtiene la calificación energética del edificio.

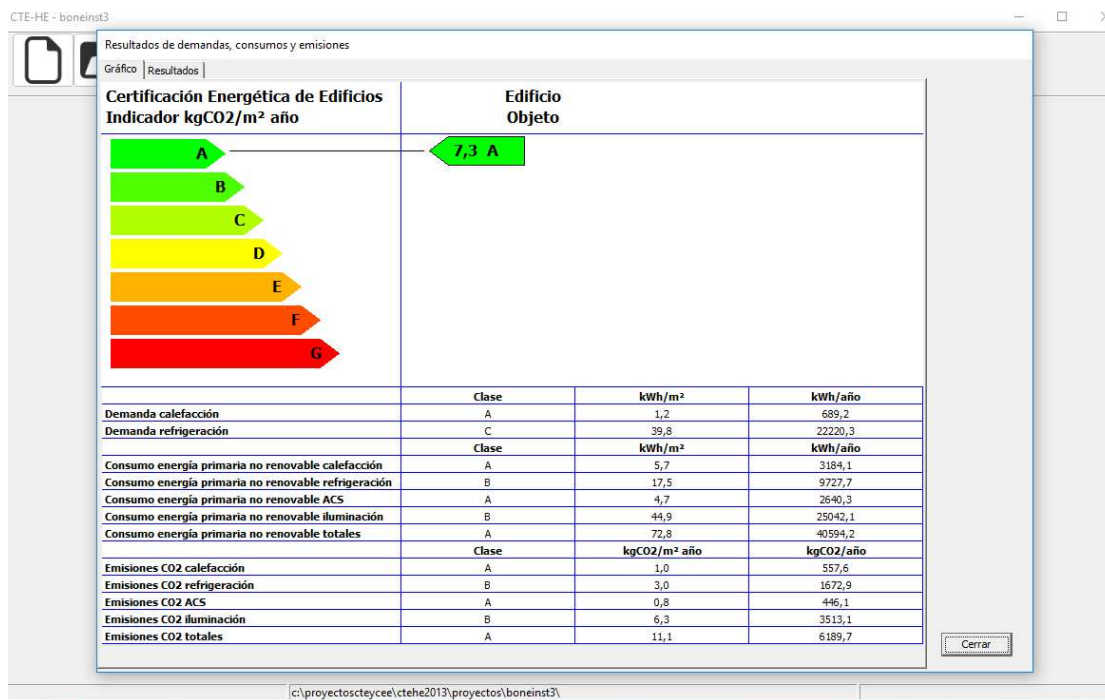


Fig. 46. Calificación energética del edificio. Caso III. Fuente: elaboración propia. Software: HULC

Como resultado de la rehabilitación en el caso III el edificio obtiene una calificación energética A (aunque la calificación es la misma, el edificio mejora la cantidad de emisiones de CO2 respecto al caso II)

6.6.5. Análisis de resultados respecto al caso 0.

A continuación se muestra el ahorro energético obtenido en este caso y su valoración económica. Tanto en la demanda como en el coste de la energía se han tenido en cuenta las demandas de calefacción, refrigeración, ACS y VMC.

Los resultados obtenidos se expresan en la siguiente tabla:

| | Caso 0 | Caso III |
|------------------------------------|--------|----------|
| Demanda (kwh/m2a) | 137.03 | 32.93 |
| Reducción demanda (%) | | 76 % |
| Ahorro energético(kwh/m2a) | | 104.10 |
| Ahorro ener. total (kwh/a) | | 55 173 |
| Ahorro ener. total (50 años) (Mwh) | | 2 758.65 |

| | | |
|---------------------------------|---------|---------|
| Coste energía el 1º año (euros) | 6 325 | 46 |
| Ahorro económico el 1º año | | 6 279 |
| Ahorro económico a 15 años | | 123 079 |
| Ahorro económico a 50 años | | 432 663 |
| Gasto en energía a 50 años | 435 837 | 3 174 |

Tabla 17. Ahorro energético y ahorro económico caso III. FUENTE: elaboración propia.

Analizando los datos de la tabla anterior y sin tener en cuenta el coste de la rehabilitación se produce un ahorro energético de 55.173 kWh/año y de 6.279 Euros/año. A lo largo de la vida útil del edificio (50 años) el ahorro energético será de 2.758,65 Mwh y el ahorro económico total de 432.663 Euros, lo que significa que sin tener en cuenta la inversión económica el gasto en energía en 50 años solamente supone 3.174 Euros, una media de 5 euros al mes en gasto de energía.

6.7. Valoración económica y retorno de la inversión.

La valoración económica se ha realizado calculando el PEM de los sistemas pasivos y los activos mediante partidas valoradas. Se ha considerado también un pago de emisiones anual de 20 Euros por tonelada de CO2 emitida.

VALORACIÓN CASOS

| PEM | EUROS | | | |
|------------------|--------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| | Caso 0 | Caso I | Caso II | Caso III |
| Sistemas pasivos | | 0.00 | 93 126.45 | 93 126.45 |
| Sistemas activos | | 81 184.54 | 64 460.57 | 77 860.57 |
| Emisiones CO2 | 579.80 anual | 278.40 anual | 139.20 anual | 81.20 anual |
| TOTAL | 579.80 anual | 81 184 + 278.40 anual | 157 587 + 139.20 anual | 182 365 + 81.20 anual |

Tabla 18. Tabla de valoración económica casos. FUENTE: elaboración propia

A continuación se muestra el ahorro energético obtenido en cada caso y su valoración económica así como el período de retorno de la inversión para cada uno de ellos. En la demanda se ha considerado la de calefacción, refrigeración, ACS y la generada por la ventilación mecánica controlada. Para el cálculo del retorno de la inversión se han tenido en cuenta los rendimientos de los sistemas de cada caso expuestos en los apartados anteriores (tal y como explicábamos en el punto 6.4.4), la superficie habitable del edificio (530 m²), el PEM calculado en las valoraciones de cada caso, un coste unitario de la energía de 0.18 e/kWh eléctrico y 0.07 e/kWh gas, y se han considerado un incremento anual de la energía del 6 % durante los 15 primeros años y del 3 % el resto de los años hasta alcanzar los 50 años de vida útil. También se ha considerado una depreciación de la moneda del 3 % (KNAUF INSULATION, 2014).

No se ha considerado el pago de emisiones de CO₂ en esta tabla, a fin de compararlo posteriormente con otra que si los incluye.

RETORNO DE LA INVERSIÓN

| RETORNO INVERSIÓN | Caso 0 | Caso I | Caso II | Caso III |
|------------------------------------|--------|---------|----------|----------|
| Demanda (kwh/m2a) | 137.03 | 106.59 | 74.89 | 32.93 |
| Reducción demanda (%) | | 22 % | 45 % | 76 % |
| Ahorro energético(kwh/m2a) | | 30.44 | 62.14 | 104.10 |
| Ahorro ener. total (kwh/a) | | 16 133 | 32 934 | 55 173 |
| Ahorro ener. total (50 años) (Mwh) | | 806.66 | 1 646.71 | 2 758.65 |
| Coste rehabilitación (euros) | | 81 184 | 157 587 | 182 365 |
| Coste energía el 1º año (euros) | 6 325 | 3 371 | 2 148 | 46 |
| Ahorro económico el 1º año | | 2 954 | 4 177 | 6 279 |
| Ahorro econ. a partir año 15 | | 57 914 | 81 886 | 123 079 |
| Ahorro económico a 25 años | | 100 758 | 142 467 | 214 134 |
| Ahorro económico a 50 años | | 203 585 | 287 857 | 432 663 |

| Período retorno inversión (años) | | 20.6 | 27.7 | 21.4 |
|----------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Gasto a 50 años incluye obras | 435 837 | 313 436 | 305 567 | 185 542 |

Tabla 19. Tabla cálculo del retorno de la inversión. FUENTE: Elaboración propia

Comparando los 3 casos vemos que para el caso I (cumplimiento CTE) el periodo de retorno de la inversión es de 20,6 años, y si hacemos una rehabilitación intentando cumplir el estándar passivhaus (caso II) el periodo de retorno de la inversión sube hasta los 27,7 años. Sin embargo si le añadimos a la rehabilitación los sistemas de energía solar fotovoltaica y térmica conseguimos reducir el periodo de retorno de la inversión hasta los 21,4 años.

6.8. Generación energía solar.

6.8.1. Propuesta y cálculo de instalación fotovoltaica.

El edificio estudio de caso tiene una cubierta inclinada a varias vertientes, una de ellas al sur con una inclinación de 28 grados, que es la que se ha utilizado para la colocación de las placas solares fotovoltaicas, así se conseguirá el máximo rendimiento. Partimos de la base que los edificios vecinos no generan sombras sobre las placas.

Los captadores solares serán paneles fotovoltaicos de tipo policristalino de 250 w de potencia nominal, cuyas dimensiones son 1650x992x40 mm. A continuación se muestra un plano de cubierta con la ubicación de las placas solares fotovoltaicas y térmicas.

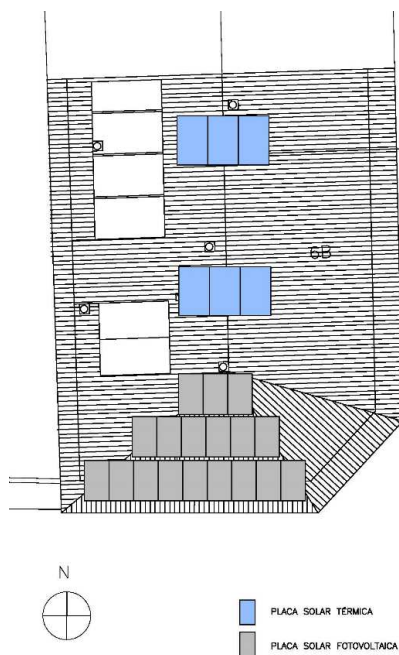


Fig. 47. Plano de ubicación captadores fotovoltaicos y térmicos. Fuente: Elaboración propia

Tomadas estas consideraciones de diseño y geometría disponemos de espacio para instalar 18 captadores solares fotovoltaicos en la cubierta. Utilizando el software System Advisor Model (v 2015.1.30) se ha obtenido una generación anual de 355 kwh por módulo, lo que nos lleva a obtener los siguientes resultados de generación de energía fotovoltaica:

| SISTEMA | DATOS | RESULTADOS |
|--|-----------|------------------------|
| Panel FV 250w | 0.25 kwdc | 355 kwh/a |
| incl. horizontal y azimut | 28 y 180 | |
| % total perdidas | 14 % | 6390 kwh /a |
| paneles | 18 | |
| m2 terreno | 152 | 152 m2 |
| GENERACIÓN ENERGÍA RENOVABLE FOTOVOLTAICA | | |
| (con referencia a la huella proyectada del edificio) | | 42.04 kwh/m2(terreno)a |
| (con referencia a la SER=530) | | 12.05 kwh/m2 a |

Tabla 20. Tabla de datos y resultados del sistema fotovoltaico. FUENTE: Elaboración propia con datos obtenidos del software SAM v.2015.1.30.

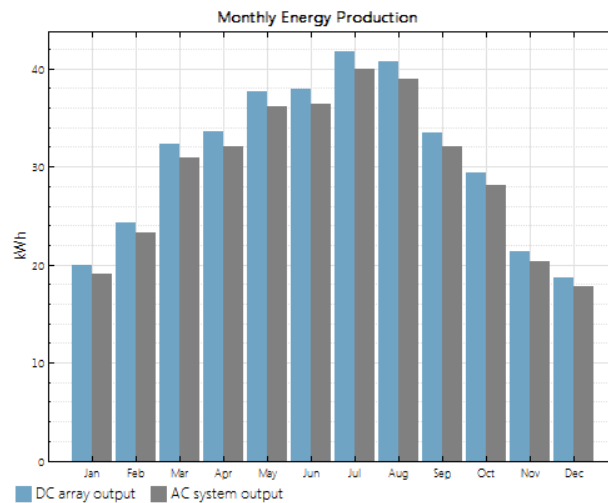


Fig. 48. Gráfico generación energía fotovoltaica mensual (anexo 7). Fuente: software SAM

6.8.2. Propuesta y cálculo de instalación solar térmica.

Se propone la instalación de dos bloques de tres paneles solares de 2,5 m² de superficie de captación por panel. Estos paneles de la casa Viessman con sistema termo protect evitan el sobrecalentamiento de las placas disipando la energía de exceso. Este es un sistema que no necesita vaso de expansión. Los dos bloques de placas se han dispuesto a 45 grados al sur (180 grados) encima de una estructura metálica de soporte y de manera que no se hagan sombra (tal y como se muestra en la figura 45).

Tal y como se ha dispuesto la instalación, cada bloque de placas se unirá a uno de los depósitos de 500 litros del sistema de ACS. Esta instalación ha sido calculada con el programa Cypecad mep y se consigue un ahorro del 64 % de la energía demandada para la instalación de ACS.

| SISTEMA | DATOS | RESULTADOS |
|------------------------------|---------------------|--------------|
| Panel Viessman Vitosol 200 F | 2,50 m ² | 3 073 kwh/a |
| incl. horizontal y azimuth | 45 y 180 | |
| paneles | 6 | 18 442 kWh/a |
| % ahorro | | 64 % |

Tabla 21. Tabla de datos y resultados del sistema solar térmico. FUENTE: Elaboración propia con datos obtenidos del software Cypecadmep.

6.8.3. Valoración económica.

| PEM | EUROS |
|-----------------------|-----------|
| Sistemas solar FV | 13 400.00 |
| Sistema solar térmico | 11 378.44 |
| TOTAL | 24 778.44 |

Tabla 22. Tabla de valoración económica sistemas solar térmico y fotovoltaico. FUENTE: elaboración propia.

6.9. Comparativa entre los casos.

A continuación se muestra una comparativa de todos los casos analizados. En la tabla comparativa se muestran datos de las demandas de energía (calefacción + refrigeración + ACS + VMC), los ahorros energéticos, económicos y los periodos de retorno de la inversión realizada para los diferentes escenarios de rehabilitación. También se muestra el gasto que supone el edificio al final de su fase de vida útil. Se está considerando en todo momento que el edificio está siendo utilizado.

| | Caso 0 | Caso I | Caso II | Caso III |
|--|---------|-------------|-------------|-------------|
| Demanda (kwh/m2a) | 137.03 | 106.59 | 74.89 | 32.93 |
| Reducción demanda (%) | 0 % | 22 % | 45% | 76% |
| Ahorro ener. total (50 años) (Mwh) | | 806.66 | 1 646.71 | 2 758.65 |
| Coste rehabilitación (euros) | | 81 184 | 157 587 | 182 365 |
| Período retorno inversión (años) | | 20.6 | 27.7 | 21.4 |
| Gasto a los 50 años (euros) | 435 837 | 313 436 | 305 567 | 185 542 |
| Ahorro económico a partir del retorno (50 años) | 0 | 122 401 | 130 270 | 250 295 |

Tabla 23. Tabla comparativa de ahorros energéticos y económicos. FUENTE: Elaboración propia

| | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|
| Hipoteca anual durante 50 años (incluye obras) | 8 716 | 6 269 | 6 111 | 3 710 |
| Hipoteca mensual durante 50 años (incluye obras) | 726 | 522 | 509 | 309 |

Tabla 24. Tabla de gastos anuales y mensuales durante la vida útil del edificio. FUENTE: Elaboración propia

Como análisis de esta tabla vemos que proponiendo una rehabilitación en cumplimiento del CTE se produce un ahorro de energía del 22%, si proponemos una rehabilitación como la del caso II llegamos a un ahorro de energía del 45% y si además aportamos la energía solar el ahorro es del 76%. Con respecto al ahorro del edificio vemos que los casos I y II producen un ahorro similar con respecto al caso 0 de 122.401 y 130.270 euros respectivamente, sin embargo si añadimos los sistemas de energía solar del caso III el ahorro es aproximadamente el doble 250.295 euros.

El dato de las emisiones de CO₂ para cada caso analizado, sale de la simulación con el programa HULC y ha sido expresado en las tablas 9, 10, 12 y 15. El programa utiliza los siguientes factores de paso.

| Factores de paso de Energía Final | | | |
|-----------------------------------|--|---|---|
| Energético | a Energía Primaria Total (kWhEP/kWhEF) | a Energía Primaria No Renovable (kWhEPNR/kWhEF) | a Emisiones de CO ₂ (kgCO ₂ /kWhEF) |
| Electricidad | 2,368 | 1,954 | 0,331 |
| Gasoleo calefaccion / Fuel-oil | 1,182 | 1,179 | 0,311 |
| GLP | 1,204 | 1,201 | 0,254 |
| Gas Natural | 1,195 | 1,190 | 0,252 |
| Carbon | 1,084 | 1,082 | 0,472 |
| Biomasa no densificada | 1,037 | 0,034 | 0,018 |
| Biomasa densificada (pelets) | 1,113 | 0,085 | 0,018 |

Tabla 25. Factores de paso a Energía Final y a Emisiones de CO₂. Software: HULC

En la siguiente tabla también se muestran los mismos datos mencionados para la tabla 23, pero en este caso se ha tenido en cuenta un nuevo concepto más, que han sido las emisiones de CO₂ con el consiguiente ahorro económico que pueda suponer.

| | Caso 0 | Caso I | Caso II | Caso III |
|--|---------|-------------|-------------|-------------|
| Demanda (kwh/m2a) | 137.03 | 116.59 | 74.89 | 32.93 |
| Reducció demanda (%) | 0 % | 22 % | 45% | 76% |
| Ahorro ener. total (kwh/a) | | 16 133 | 32 934 | 55 173 |
| Ahorro ener. total (50 años) (Mwh) | | 806.66 | 1 646.71 | 2 758.65 |
| Coste rehabilitación (euros) | | 81 184 | 157 587 | 182 365 |
| Emisiones CO2 (Tn) | 28,99 | 13,92 | 6,96 | 4,07 |
| Ahorro emisiones CO2 (Tn) | | 15,07 | 22,03 | 24,92 |
| Ahorro emisiones CO2 (Tn total) | | 753 | 1 101 | 1 246 |
| Impuesto emisiones CO2 (Euros) | 579,8 | 278,40 | 139,20 | 81,40 |
| Ahorro emisiones CO2 (Euros) | | 301,40 | 440,60 | 498,40 |
| Ahorro económico el 1º año | | 3 345 | 4 744 | 6 967 |
| Ahorro económico a 50 años | | 218 076 | 309 887 | 457 004 |
| Período retorno inversión (años) | | 19.2 | 25.6 | 20.3 |
| Gasto a los 50 años (euros) | 464 248 | 327 356 | 312 527 | 189 609 |
| Ahorro económico a partir del retorno (50 años) | 0 | 136 892 | 151 721 | 274 639 |

Tabla 26. Tabla de periodo de retorno de la inversión incluyendo emisiones de CO2. FUENTE: Elaboración propia

| | | | | |
|--|-------|------|------|-------|
| Hipoteca anual durante 50 años (incluye obras) | 9 285 | 6547 | 6251 | 3 914 |
| Hipoteca mensual durante 50 años (incluye obras) | 774 | 546 | 521 | 326 |

Tabla 27. Tabla de gastos anuales y mensuales durante la vida útil del edificio incluyendo emisiones de CO2. FUENTE: Elaboración propia

Como análisis de estas tablas vemos que al introducir un pago adicional de emisiones se produce un gasto anual en las mismas de 579,80 euros en el caso 0, de 278,40 euros en el caso I, de 139,20 euros en el caso II y de 81,40 euros en el caso III. Ahora el periodo de retorno de la inversión es de 19,2 años en el caso I, de 25,6 años en el caso II y de 20,7 años en el caso III. Con respecto al gasto del edificio vemos que los casos I y II producen un ahorro similar con respecto al caso 0 de 136 892 y 151 721 euros respectivamente, sin embargo si añadimos los sistemas de energía solar del caso III el ahorro es de 274 639 euros.

7. RESULTADOS

En la comparativa se han mostrado dos tablas cuya diferencia es que en la tabla 23 y 24 con respecto a la tabla 26 y 27 no se incluye el pago de emisiones de CO₂.

De la comparativa de las tablas 23 y 24 se obtienen los siguientes resultados:

El CTE se cumple en los casos I, II y III. El estándar passivhaus se cumple en los casos II y III. El caso I supone una reducción de la demanda del 22 % respecto del caso 0 con un PEM de 81 184 euros (actuando únicamente en los sistemas activos del edificio). Esta actuación supone una reducción del gasto total en su vida útil del 28,1%.

El caso II que cumpliría el estándar passivhaus, muestra una reducción de la demanda del 45% respecto del caso 0 con un PEM de 157 587 euros (en este caso se actúa en los sistemas pasivos y en los sistemas activos del edificio) y reduce el gasto total del edificio un 30 % durante su vida útil.

El caso III que incorpora (respecto al caso II) la energía solar térmica y fotovoltaica al edificio supone una reducción de la demanda del 76 % respecto del caso 0 con un PEM de 182 365 euros, esto conllevaría una reducción del gasto total del 57,4 % respecto del caso 0.

Entre el caso I y II que ambos cumplirían el CTE, pero el caso II actuando además en los sistemas pasivos del edificio, el ahorro energético conseguido es del doble en el caso II (ambos respecto al caso 0) con un incremento del PEM de 76 403 euros. Aunque al final de la vida útil sólo se produzca un ahorro económico de 7 869 euros.

Si comparamos ahora el caso II y el caso III (incorpora la energía solar térmica y fotovoltaica) se produce un ahorro de energía adicional del 56 % con un incremento del PEM de 24 778 euros. Esto, al final de la vida útil produce un ahorro económico de 120 025 euros.

El gasto medio mensual en energía va desde los 726 euros del caso 0, a los 387 euros del caso I. Si vamos más lejos en la rehabilitación incorporando los sistemas pasivos reducimos el gasto medio mensual en energía hasta los 246 euros (caso II) y si

añadimos la energía solar reducimos el gasto medio mensual en energía hasta unos insignificantes 5 euros.

En los casos I y II el gasto medio mensual contando las obras de rehabilitación suponen 522 y 509 euros respectivamente, de los cuales, en el caso I el 74% de ese gasto es para pagar la energía, sin embargo en el caso II sólo el 48 % de ese gasto se utiliza para pagar la energía. En el caso III el gasto mensual contando las obras de rehabilitación y el coste de la energía es de 309 euros, por lo que la energía mensual supone únicamente un 1,6 %.

El periodo de retorno de la inversión de los casos I y III son similares 20,6 y 21,4 años respectivamente, mientras que en el caso II el periodo de retorno sube hasta los 27,7 años.

Analizando el gasto en energía del edificio al final de su vida útil vemos que en el caso 0 asciende a 435 837 euros. Proponiendo los diferentes casos de rehabilitación se producen unos ahorros del 28 % para el caso I, 30 % para el caso II y 57,5 % para el caso III.

De la comparativa de las tablas 26 y 27 se obtienen los siguientes resultados:

En el caso 0 los sistemas de producción de energía actuales emiten 28,99 Tn anuales. Para un supuesto de rehabilitación que actúa en los sistemas activos como es el caso I la reducción de las emisiones de CO₂ es del 52 %, si además actuamos en los sistemas pasivos reduciendo la demanda de energía como en el caso II se consigue una reducción de las emisiones del 76 %. Si además añadimos la energía solar y fotovoltaica como en el caso III conseguimos una reducción de las emisiones en los sistemas de producción de energía del 86 %.

Debido al pago de las emisiones se producen una reducción del periodo de retorno con respecto al caso de que no se pague por las emisiones. En este caso el periodo de retorno es de 19,2 años para el caso I, de 25,6 años para el caso II y de 20,3 años para el caso III.

Si analizamos ahora los gastos totales (energía, obras y emisiones) vemos que se produce un aumento en todos los casos. Para el caso 0 el gasto total es de 464 248

euros y aplicando los diferentes casos de rehabilitación ya explicados se produce un ahorro del 30 % para el caso I, del 33 % para el caso II y del 59 % para el caso III.

8. CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos en el punto anterior se sacan las siguientes conclusiones:

Las demandas energéticas obtenidas de las rehabilitaciones son inversamente proporcionales al grado de rehabilitación del edificio, pudiendo llegar a una reducción de la demanda de hasta el 76 %

Es posible cumplir el CTE con una rehabilitación del edificio, actuando solamente en los sistemas activos del edificio lo que supone una reducción del 22 % en la demanda de energía respecto al caso 0. Se observa una reducción de emisiones de CO₂ del 52 % lo que puede parecer atractivo, ya que se consigue con una intervención de poco coste, pero esta reducción se debe a la incorporación de unos sistemas de producción de energía de alto rendimiento y poco consumo. De esta forma el edificio sigue teniendo altas demandas, un alto gasto, por lo que se cumpliría la normativa pero con una solución poco eficiente. Como se ha dicho, se cumplen los requisitos que el CTE exige para este tipo de edificios (terciarios) actuando únicamente en los sistemas activos. La instalación de un sistema de ventilación mecánica controlada (VMC) reduce la demanda con lo que se cumpliría el HE-1, la instalación de un sistema de climatización por aire, tipo bomba de calor, con un alto rendimiento y poco consumo haría cumplir el HE-0 y la instalación de un sistema de aerotermia para el ACS (este sistema garantiza que el 50 % de la energía es renovable) nos haría cumplir el HE-4.

Si además actuamos en los sistemas pasivos del edificio (caso II) conseguimos una reducción de la demanda energética de hasta el 45 % respecto al caso 0 y se consigue una reducción de las emisiones del 76 %, aunque como la inversión es más alta, el ahorro entre el caso II y el caso I es sólo de 7 865 euros.

De todos los casos planteados, el caso III, que actúa en sistemas pasivos, activos e incorpora energía solar térmica y fotovoltaica, es el que supone mayor grado de rehabilitación y por lo tanto, el que tiene mayor coste, pero su demanda es la más baja de todas y su gasto al final de la vida útil es del 42,5 % del gasto que supone el edificio base.

Para el caso II se llega a cumplir con los criterios de enerPHit classic en este edificio. La demanda de calefacción se ha reducido hasta 1,9 kWh/m²a (< 15 kWh/m²a) y la carga de refrigeración se ha reducido hasta 7,10 W/m² (< 10 W/m²). Debido a que estamos en un caso de rehabilitación, el límite de la demanda EPR para la etiqueta enerPHit classic es 64,50 kWh/m²a. De este límite se puede pasar 15 kWh/m²a siempre que se compensen con generación de energía renovable. Según la tabla 13 la demanda PER de este edificio es 76,82 kWh/m²a (< 79,50 kWh/m²a, límite PER para este edificio), sumando las demandas de EPR de calefacción, refrigeración y ACS estamos en 64,69 kWh/m²a, lo que significa que para cumplir con el límite de 79,50 kWh/m²a la demanda de electricidad auxiliar e iluminación no debe superar los 14,81 kWh/m²a. Tal y como explico en el punto 6.5.3 esta demanda EPR de energía auxiliar e iluminación es de 11,90 kWh/m²a ya que no he encontrado un perfil de uso definido por passivhaus, para limitar esta demanda de iluminación y electricidad auxiliar. Por último y debido a que con la aerotermia del sistema de ACS se genera el 50 % de la energía de forma renovable (esta energía renovable supone 23,36 kWh/m²a de generación de energía renovable GER que es mayor de 15 kWh/m²a GER que se pide como compensación) se cumple con la etiqueta enerPHit classic.

Se observa que el CTE aplicado con rigor y buscando eficiencia da importantes reducciones en el consumo, sin embargo hay una diferencia muy importante entre CTE y Passivhaus y es que este último **limita la demanda** (actualmente de EPR) obliga a un alto grado de actuación en los sistemas pasivos si se quiere alcanzar el estándar, mientras que el CTE **limita el consumo** (de energía primaria no renovable) lo que brinda la posibilidad de cumplir la normativa implementando sistemas activos de alto rendimiento sin que sea necesaria una actuación en los sistemas pasivos (como ocurre en el caso I de este trabajo). Esto significa que un edificio que demanda puede consumir en cualquier momento de su vida útil ya que los sistemas activos se cambian con más facilidad que los pasivos, mientras que uno que no demanda, nunca tendrá consumo ni emisiones independientemente de los sistemas activos que pueda tener.

Aunque se pueda considerar que el periodo de retorno de la inversión sea alto en los 3 casos, sobre los 20 años o en algún caso incluso más, se puede decir que el

ahorro final a lo largo de la vida útil del edificio es muy importante, sobre 130 000 euros en los casos I y II y sobre los 250 000 euros en el caso III.

En este edificio si se quiere llevar a cabo una actuación lo más rentable posible (desde el punto de vista estrictamente económico) se hace necesaria la implementación de energía renovable, de forma que el edificio no sólo demande poco sino que además genere energía propia.

Por último destacar que la NO rehabilitación de edificios, como el del realizado en este trabajo, resulta muy caro desde los tres ámbitos de la sostenibilidad.

- Económicamente supone un gasto para sus propietarios muy elevado (435 837 euros a lo largo de la vida útil) que podría reducirse un 57,4 % (a 185.542 euros) mediante una rehabilitación integral como la propuesta en el caso III con implementación de sistema solar fotovoltaico y térmico.
- Medioambientalmente el edificio sin rehabilitar emite 29 Tn de CO₂ al año que podrían reducirse un 86 %, tomando la misma medida.
- Socialmente, en primer lugar los usuarios no se benefician de un mayor confort y mejor calidad del aire interior (llevando a un mayor riesgo de enfermedades), y en segundo lugar, los edificios existentes en España hasta la entrada en vigor del CTE suponen el 90 % de los inmuebles del parque residencial actual, 57 % de los mismos construidos antes de 1 980 y el 34 % entre 1 980 hasta 2007. Estos edificios tienen unas características energéticas similares al edificio objeto o incluso peores, lo que ofrece al país una posibilidad de empleo y beneficios mediante las rehabilitaciones eficientes que revertirían favorablemente en la sociedad actual.

Como conclusión final, creo que rehabilitar cumpliendo con el CTE queda por debajo de las expectativas que promulga la eficiencia. Es posible rehabilitar cumpliendo enerPHit classic con soluciones ya utilizadas con el CTE, obteniendo reducciones de demanda y de emisiones muy altas. Si además añadimos sistemas de generación de

energía renovable (solar térmica y solar fotovoltaica) conseguimos un gasto medio mensual en energía prácticamente nulo.

9. AGRADECIMIENTOS

Especialmente para:

María, por todo.

Mis hijos, Martina y Mario, por su paciencia y comprensión al privarles de mi tiempo para invertirlo en este trabajo.

Jerome, por dirigir este trabajo final de grado.

Todas aquellas personas que han entendido, que personas como yo, que en algún momento no han podido dedicarle a las clases presenciales e impartidas en este Grado de Arquitectura Técnica, todo el tiempo que merecen.

10.BIBLIOGRAFÍA

Parlamento europeo. (2002). *DIRECTIVA 2002/91/CE*. BRUSELAS.

Barambio, A. (22 de Marzo de 2012). *PRESENTACIÓN EN ESPAÑA DEL ESTÁNDAR ENERGÉTICO EN REHABILITACIÓN DE EDIFICIOS:EnerPHit*. Obtenido de www.plataforma.pep.org.

Becchio, C. (2014). The influence of energy targets and Economic concerns in Design strategies for a Residential NZEB. *buildings*.

CEN/TC, 3. (2012). *UNE EN-15643-1 Sostenibilidad en la construcción. Evaluación de la sostenibilidad de los edificios. Marco general*.

CENER; Gobierno de España; Fondo Social Europeo;. (2014). *ESTUDIO T-NZEB. TRANSFORMACIÓN DE EDIFICIOS EXISTENTES HACIA EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO*.

Cisneros Calero, E. M. (2011). *EDIFICACIÓN PASSIVHAUS*. Barcelona.

Comisión de las Comunidades Europeas. (2006). *LIBRO VERDE. Estrategia europea para una energía sostenible, competitiva y segura*. Bruselas.

Consejería de Economía y Hacienda, Dirección General de Industria, Energía y Minas y Fundación de la energía de la comunidad de Madrid. (2011). *Guía del estándar Passivhaus. Edificios de consumo energético casi nulo*. Madrid.

Dall'o, G. (2013). Nearly Zero-energy Buildings of the Lombardy Region (Italy), a Case Study of High-Energy Performance Buildings. *energies*.

Departamento de Energética Edificatoria. Centro Nacional de Energías Renovables. (Agosto 2014). *ESTUDIO T-NZEB. Transformación de edificios existentes hacia edificios de consumo casi nulo*. Obtenido de http://www.revilicia.com/informe_Estudio_NZEB.pdf

ENERGIEHAUS ARQUITECTOS, S. (2015). Requisitos energéticos mínimos-criterios de certificación.

Escuela técnica Superior de Arquitectura de Madrid-UPM. (Septiembre de 2009). *La política de vivienda en España en el contexto europeo. Deudas y Retos*. Obtenido de Ciudades para un futuro más sostenible: <http://habitat.aq.upm.es>

Fomento, M. d. (Junio 2014). *Estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la construcción en España*.

Fundación SAN VALERO; Unión Europea, Programa de Aprendizaje Permanente de la . (2013-2015). *Efficiencyjobs. PROYECTO EUROPEO DE REFERENCIA INTERNACIONAL PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LOS EDIFICIOS*.

García Fernández, C. (2013). reflexiones acerca del impuesto sobre el carbono como incentivo de mercado en el contexto actual de crisis. *Nómadas. Revista crítica de ciencias sociales y jurídicas*.

IDAE. (1990-2013). *Estudios, informes y estadísticas. Balances de energía final*. Obtenido de www.idae.es

IDAE. (2009). *CALENER GT-Grandes edificios terciarios. Manual de referencia*. Madrid.

(2011-2012). *InnoCons. EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA REHABILITACIÓN DE EDIFICIOS*.

KNAUF INSULATION, S. (2014). www.knaufinsulation.com.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE. (2015). *Real Decreto 1007/2015, de 6 de Noviembre*.

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medioambiente. (s.f.). www.magrama.gob.es/cambio-climatico/temas/el-proceso-internacional-de-lucha-contra-el-cambio-climatico.

MINISTERIO DE FOMENTO. (2013). *Documento Básico HE Ahorro de energía*. Obtenido de <http://www.codigotecnico.org/>

MINISTERIO DE FOMENTO. (2014). *Estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación en España*.

MINISTERIO DE FOMENTO. (2015). *Documento Básico HS Salubridad*.

NBE sobre condiciones térmicas en los edificios. (1979). Madrid.

Parlamento europeo. (2009). *DIRECTIVA 2009/28/CE*. Estrasburgo.

Parlamento europeo. (2010). *DIRECTIVA 2010/31/UE*. ESTRASBURGO.

Passive House Institute. (2015). *Criterios pra los Estándares Casa Pasiva, EnerPHit y PHI Edificio de baja demanda energética*. Darmstadt.

Passive-On project. (2007). *EL ESTÁNDAR PASSIVHAUS EN CLIMAS EUROPEOS TEMPLADOS. Una revisión de viviendas confortables de baja energía*. LISBOA: INETI.

Passivhaus Institut. (11 de 04 de 2014). *www.passivehouse.com*. Obtenido de Criterios de certificación para edificios residenciales según estándar Passivhaus: http://passipedia.passiv.de/passipedia_en/certification/certified_passive_houses/certification_criteria_in_other_languages

Procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios. RD 235. (2013). Madrid.

Rieradevall i Pons, J. M. (2014). *REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS. LA PIEL DEL EDIFICIO*. Barcelona.

Sánchez Cabrera, S. (2015). *PRACTICUM IMPLEMENTACIÓN DEL ESTÁNDAR PASSIVHAUS EN UN EDIFICIO PLURIFAMILIAR DEL POBLENOU DE BARCELONA*. BARCELONA.

Sánchez Pacheco, C. (2010). *SISTEMAS DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA APLICADOS A VIVIENDAS RESIDENCIALES EN ENTORNO URBANO*.

Tiberio, A. J., & Branchi, P. E. (16 de Julio de 2014). II congreso EECN, análisis de estanqueidad del aire, blowerdoor test. *construible.es*.

11.INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Fig. 1. Esquema metodología a seguir. Fuente: Elaboración propia. | 9 |
| Fig. 2. Esquema parque nacional edificatorio. Fuente: (MINISTERIO DE FOMENTO, 2014). | 13 |
| Fig. 3. Diagrama % de consumo energético por sectores. Fuente: (Fundación SAN VALERO; Unión Europea, Programa de Aprendizaje Permanente de la , 2013-2015). 15 | |
| Fig. 4. Diagrama de interrelaciones y repercusiones de la ineficiencia energética. Fuente: (Fundación SAN VALERO; Unión Europea, Programa de Aprendizaje Permanente de la , 2013-2015) | 16 |
| Fig. 5. Esquema jerarquía normativa. Fuente: Elaboración propia | 17 |
| Fig. 6. Tabla 2.1-valor base y factor corrector por superficie del consumo energético. Fuente: (MINISTERIO DE FOMENTO, 2013). | 19 |
| Fig. 7. Tabla B1-zonas climáticas. Fuente: (MINISTERIO DE FOMENTO, 2013). | 20 |
| Fig. 8. Tabla 2.3 Transmitancia térmica máxima y permeabilidad al aire de los elementos de la envolvente térmica. Fuente: (MINISTERIO DE FOMENTO, 2013). | 20 |
| Fig. 9. Tabla 2.4 Transmitancia térmica límite de particiones interiores, cuando delimiten unidades de distinto uso. Zonas comunes y medianerías, U en W/m ² k. Fuente: (MINISTERIO DE FOMENTO, 2013). | 21 |
| Fig. 10. Tabla 2.5 Transmitancia térmica límite de particiones interiores, cuando delimiten unidades del mismo uso, U en W/m ² k. Fuente: (MINISTERIO DE FOMENTO, 2013). | 21 |
| Fig. 11. Tabla 2.2- Porcentaje de ahorro mínimo de la demanda energética conjunta respecto al edificio de referencia para edificios de otros usos, en %. Fuente: (MINISTERIO DE FOMENTO, 2013). | 21 |
| Fig. 12. –perfiles de uso normalizados de los edificio en función de su uso, densidad de las fuentes internas y periodo de utilización. Apéndice C. Fuente: (MINISTERIO DE FOMENTO, 2013) | 22 |
| Fig. 13. Tabla 1.4.2.1-Caudales de ventilación mínimos exigidos. Fuente: (MINISTERIO DE FOMENTO, 2015) | 24 |
| Fig. 14. Esquema RD 900/2015. Fuente: Elaboración propia. | 25 |

| | |
|---|----|
| Fig. 15. Tabla de criterios para casa pasiva. Fuente: (Passive House Institute, 2015) | 27 |
| Fig. 16. Tabla de criterios por el método de componentes para estándar EnerPHit. Fuente: (Passive House Institute, 2015) | 28 |
| Fig. 17. Tabla de criterios por el método de la demanda energética para estándar EnerPHit. Fuente: (Passive House Institute, 2015). | 28 |
| Fig. 18. Tabla de criterios generales para estándar EnerPHit. Fuente: (Passive House Institute, 2015) | 29 |
| Fig. 19. Tabla de criterios generales para estándar de baja demanda energética. Fuente: (Passive House Institute, 2015) | 29 |
| Fig. 20. Criterios mínimos para la protección térmica. Fuente: (Passive House Institute, 2015) | 32 |
| Fig. 21. Esquema de casos. Fuente: Elaboración propia | 38 |
| Fig. 22. Esquema de la metodología seguida para desarrollar el proyecto. Fuente: elaboración propia | 39 |
| Fig. 23. Imagen situación Alcañiz. Fuente: Google maps | 40 |
| Fig. 24. Plano emplazamiento edificio. Fuente: Elaboración propia | 40 |
| Fig. 25. Planta tipo reformada. Fuente: elaboración propia. | 42 |
| Fig. 26. Sección edificio. Fuente: elaboración propia. | 43 |
| Fig. 27. Sección edificio con transmitancias de los elementos de la envolvente. Caso 0. Fuente: elaboración propia | 46 |
| Fig. 28. Imagen del edificio actual modelado. Fuente: Elaboración propia. Software: Cypecadmep | 47 |
| Fig. 29. Imágenes del modelado del edificio. Fuente: Elaboración propia. Software: Cypecadmep | 48 |
| Fig. 30. Balance energético edificio completo. Caso 0. Fuente: Elaboración propia. Software: Cypecad mep | 49 |
| Fig. 31. Porcentaje de ahorro de la demanda energética respecto al edificio de referencia. Caso 0. Fuente: Elaboración propia. Software: Cypecadmep | 50 |
| Fig. 32. Calificación energética del edificio. Caso 0. Fuente: Elaboración propia. Software: HULC | 52 |

| | |
|--|----|
| Fig. 33. Sección del edificio con transmitancias de los elementos de la envolvente. Caso I. Fuente: Elaboración propia | 54 |
| Fig. 34. Balance energético edificio completo. Caso I. Fuente: Elaboración propia. Software: Cypecadmep | 55 |
| Fig. 35. Porcentaje de ahorro de la demanda energética respecto al edificio de referencia. Caso I. Fuente: Elaboración propia. Software: Cypecadmep | 56 |
| Fig. 36. Resultados con respecto al edificio de referencia. Caso I. Fuente: elaboración propia. Software: HULC..... | 58 |
| Fig. 37. Calificación energética del edificio. Caso I. Fuente: elaboración propia. Software: HULC | 58 |
| Fig. 38. Escenario del caso II. Fuente: elaboración propia..... | 61 |
| Fig. 39. Sección del edificio con transmitancias de los elementos de la envolvente. Caso II. Fuente: Elaboración propia | 64 |
| Fig. 40. Balance energético edificio completo Caso II. Fuente: Elaboración propia. Software: Cypecadmep | 65 |
| Fig. 41. Porcentaje de ahorro de la demanda energética respecto al edificio de referencia. Caso II. Fuente: Elaboración propia. Software: Cypecadmep | 66 |
| Fig. 42. Resultados con respecto al edificio de referencia. Caso II. Fuente: elaboración propia. Software: HULC..... | 69 |
| Fig. 43. Calificación energética del edificio. Caso II. Fuente: elaboración propia. Software: HULC | 69 |
| Fig. 44. Escenario del caso II. Fuente: elaboración propia..... | 71 |
| Fig. 45. Sección del edificio con transmitancias de los componentes de la envolvente. Caso III). Fuente: Elaboración propia | 72 |
| Fig. 46. Calificación energética del edificio. Caso III. Fuente: elaboración propia. Software: HULC | 75 |
| Fig. 47. Plano de ubicación captadores fotovoltaicos y térmicos. Fuente: Elaboración propia | 79 |
| Fig. 48. Gráfico generación energía fotovoltaica mensual (anexo 7). Fuente: software SAM | 80 |

12.INDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Resumen criterios generales mínimos para todos los estándares. FUENTE: Elaboración propia a partir de datos (Passive House Institute, 2015) | 31 |
| Tabla 2. Tabla de datos ubicación edificio. FUENTE: elaboración propia..... | 41 |
| Tabla 3. Tabla de datos ubicación edificio. FUENTE: elaboración propia..... | 41 |
| Tabla 4. Tabla de superficies del edificio. Fuente: elaboración propia. | 43 |
| Tabla 5. Tabla de tipología edificatoria. FUENTE: elaboración propia. | 44 |
| Tabla 6. Tabla de tipología constructiva. FUENTE: elaboración propia..... | 45 |
| Tabla 7. Tabla de transmitancias térmicas de los elementos. FUENTE: elaboración propia. | 45 |
| Tabla 8. Tabla del perfil de uso no residencial (24 h baja). FUENTE: Elaboración propia. | 48 |
| Tabla 9. Tabla de datos energéticos caso 0. FUENTE: elaboración propia. SOFTWARE: Cypecadmep. y HULC..... | 51 |
| Tabla 10. Tabla de resultados energéticos caso I. FUENTE: elaboración propia. SOFTWARE: Cypecadmep y HULC..... | 57 |
| Tabla 11. Ahorro energético y ahorro económico caso I. FUENTE: elaboración propia. | 59 |
| Tabla 12. Tabla de resultados energéticos Caso II. FUENTE: elaboración propia. SOFTWARE: Cypecadmep y HULC..... | 67 |
| Tabla 13. Tabla de valores de la demanda de EPR y generación EPR caso II. FUENTE: elaboración propia a partir de los datos de la demanda obtenidos de Cypecadmep y de los factores EPR (ENERGIEHAUS ARQUITECTOS, 2015). | 68 |
| Tabla 14. Ahorro energético y ahorro económico caso II. FUENTE: elaboración propia. | 70 |
| Tabla 15. Tabla de resultados energéticos para caso III. FUENTE: elaboración propia. SOFTWARE: Cypecadmep y HULC..... | 73 |
| Tabla 16. Tabla de valores de la demanda de EPR y generación EPR caso III. FUENTE: elaboración propia a partir de los datos de la demanda obtenidos de Cypecadmep y de los factores EPR (ENERGIEHAUS ARQUITECTOS, 2015). | 74 |

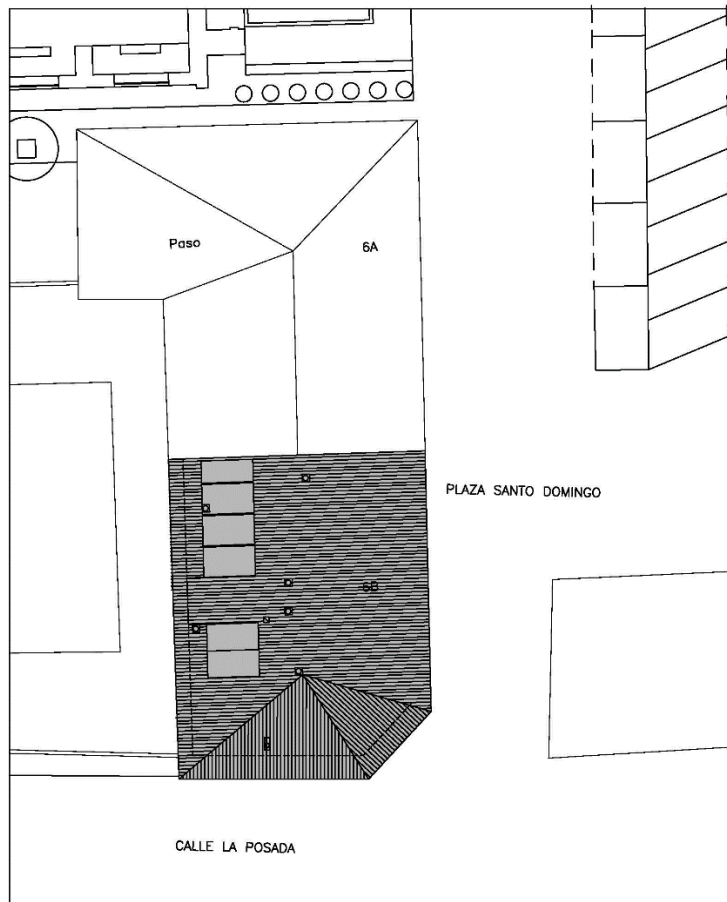
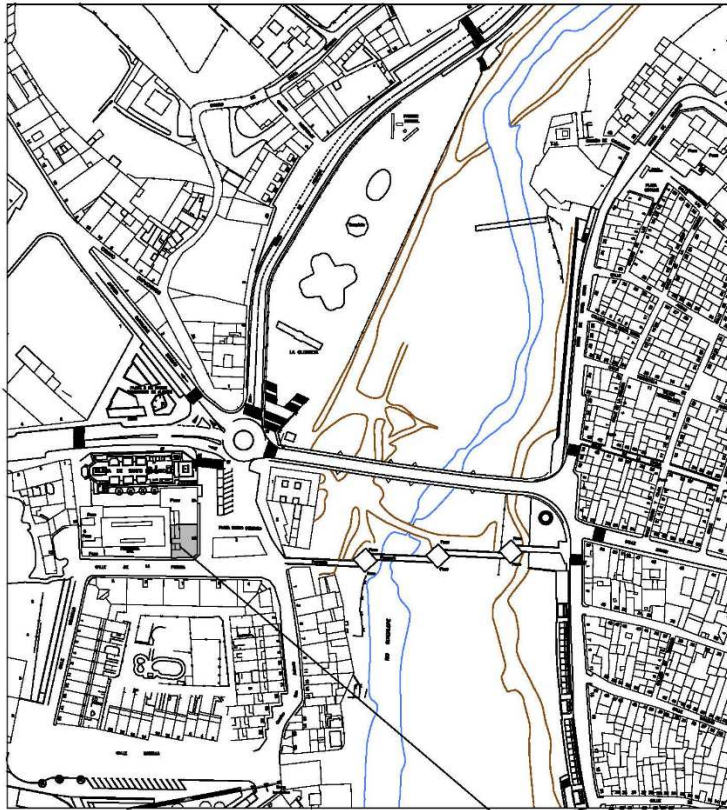
| | |
|---|----|
| Tabla 17. Ahorro energético y ahorro económico caso III. FUENTE: elaboración propia. | 76 |
| Tabla 18. Tabla de valoración económica casos. FUENTE: elaboración propia..... | 76 |
| Tabla 19. Tabla cálculo del retorno de la inversión. FUENTE: Elaboración propia..... | 78 |
| Tabla 20. Tabla de datos y resultados del sistema fotovoltaico. FUENTE: Elaboración propia con datos obtenidos del software SAM v.2015.1.30. | 79 |
| Tabla 21. Tabla de datos y resultados del sistema solar térmico. FUENTE: Elaboración propia con datos obtenidos del software Cypecadmep..... | 81 |
| Tabla 22. Tabla de valoración económica sistemas solar térmico y fotovoltaico. FUENTE: elaboración propia. | 81 |
| Tabla 23. Tabla comparativa de ahorros energéticos y económicos. FUENTE: Elaboración propia | 81 |
| Tabla 24. Tabla de gastos anuales y mensuales durante la vida útil del edificio. FUENTE: Elaboración propia | 82 |
| Tabla 25. Factores de paso a Energía Final y a Emisiones de CO ₂ . Software: HULC ... | 82 |
| Tabla 26. Tabla de periodo de retorno de la inversión incluyendo emisiones de CO ₂ . FUENTE: Elaboración propia | 83 |
| Tabla 27. Tabla de gastos anuales y mensuales durante la vida útil del edificio incluyendo emisiones de CO ₂ . FUENTE: Elaboración propia..... | 83 |

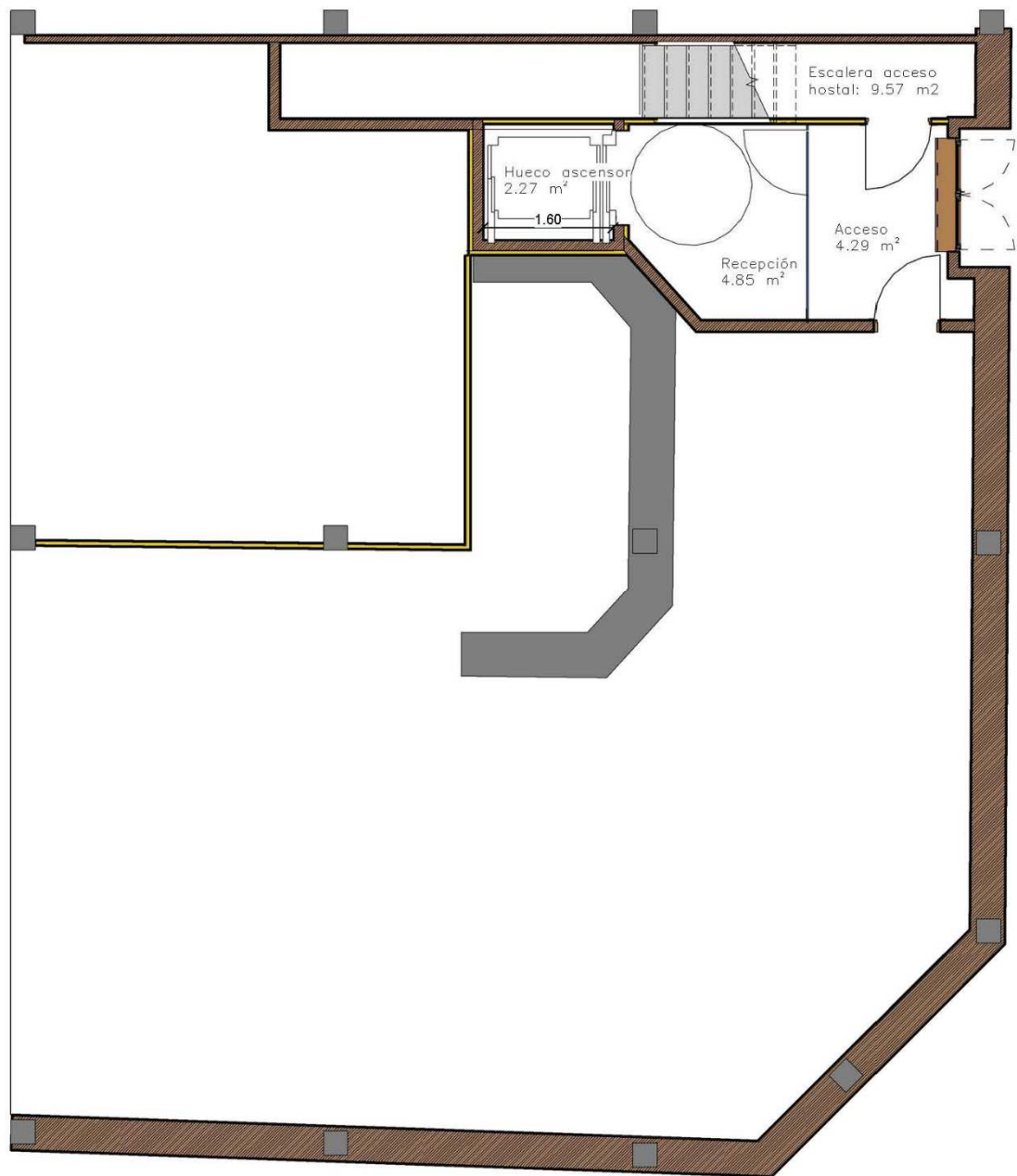
13.ANEXOS

Anexo 1. Planos y fotografías del edificio.

El hostel que ha servido de base para realizar este trabajo, se representa mediante los siguientes planos y fotografías:

- Plano de situación
- Plano de emplazamiento
- Plano de planta baja
- Plano de plantas tipo
- Secciones 1 y 2
- Alzado principal y trasero
- Planos de instalaciones de la planta tipo
- Fotografías de las fachadas del edificio. Estado actual.





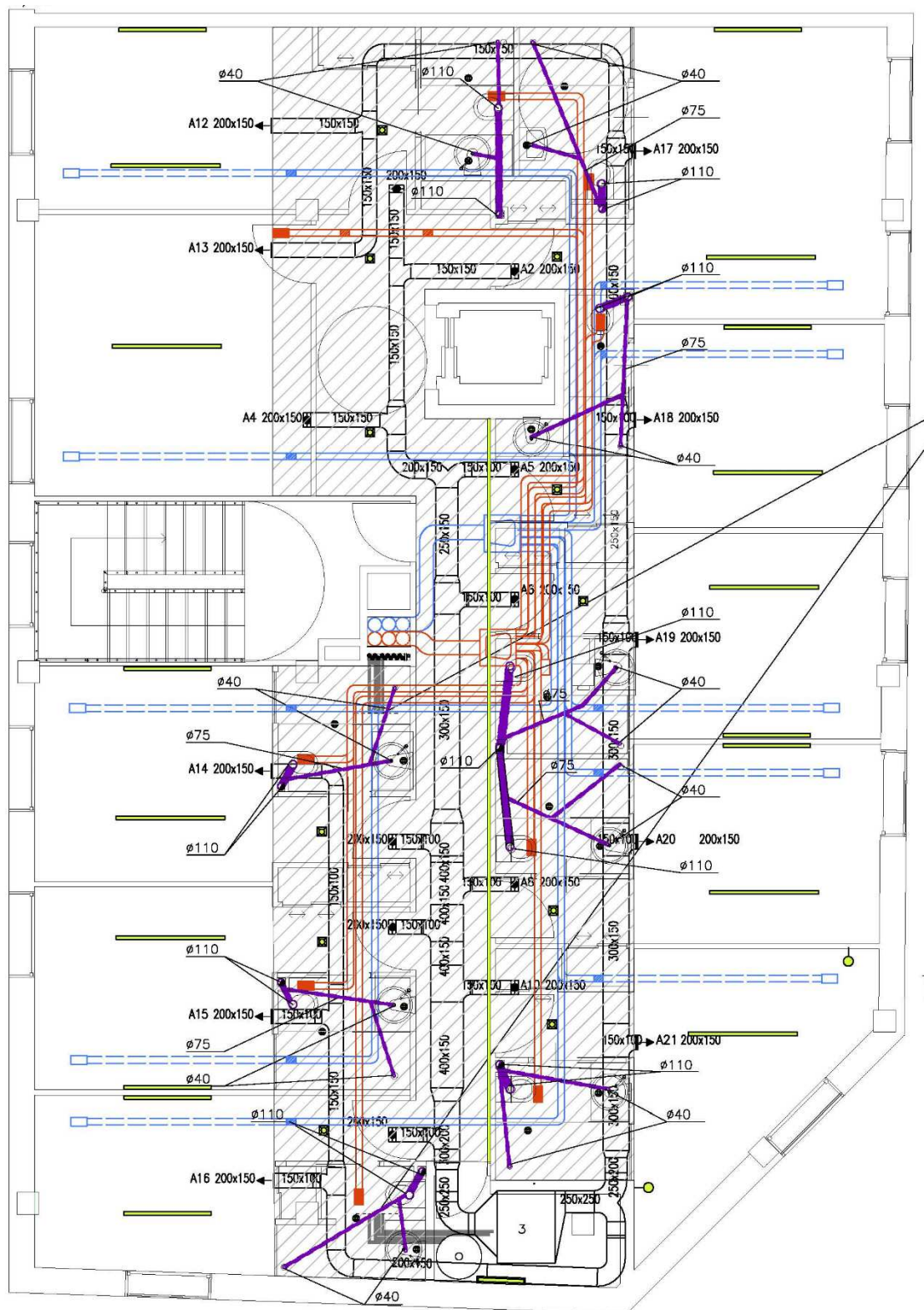


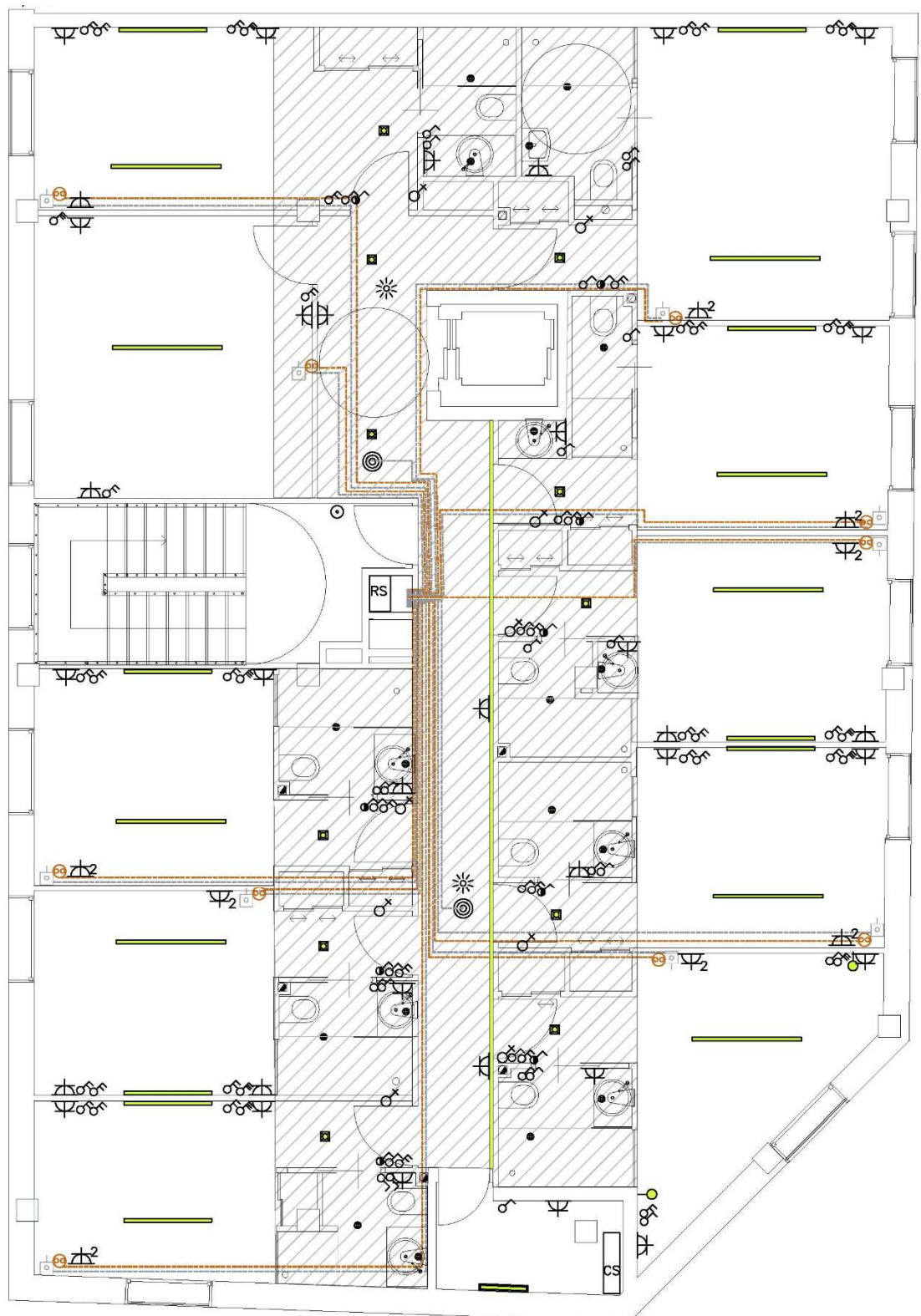


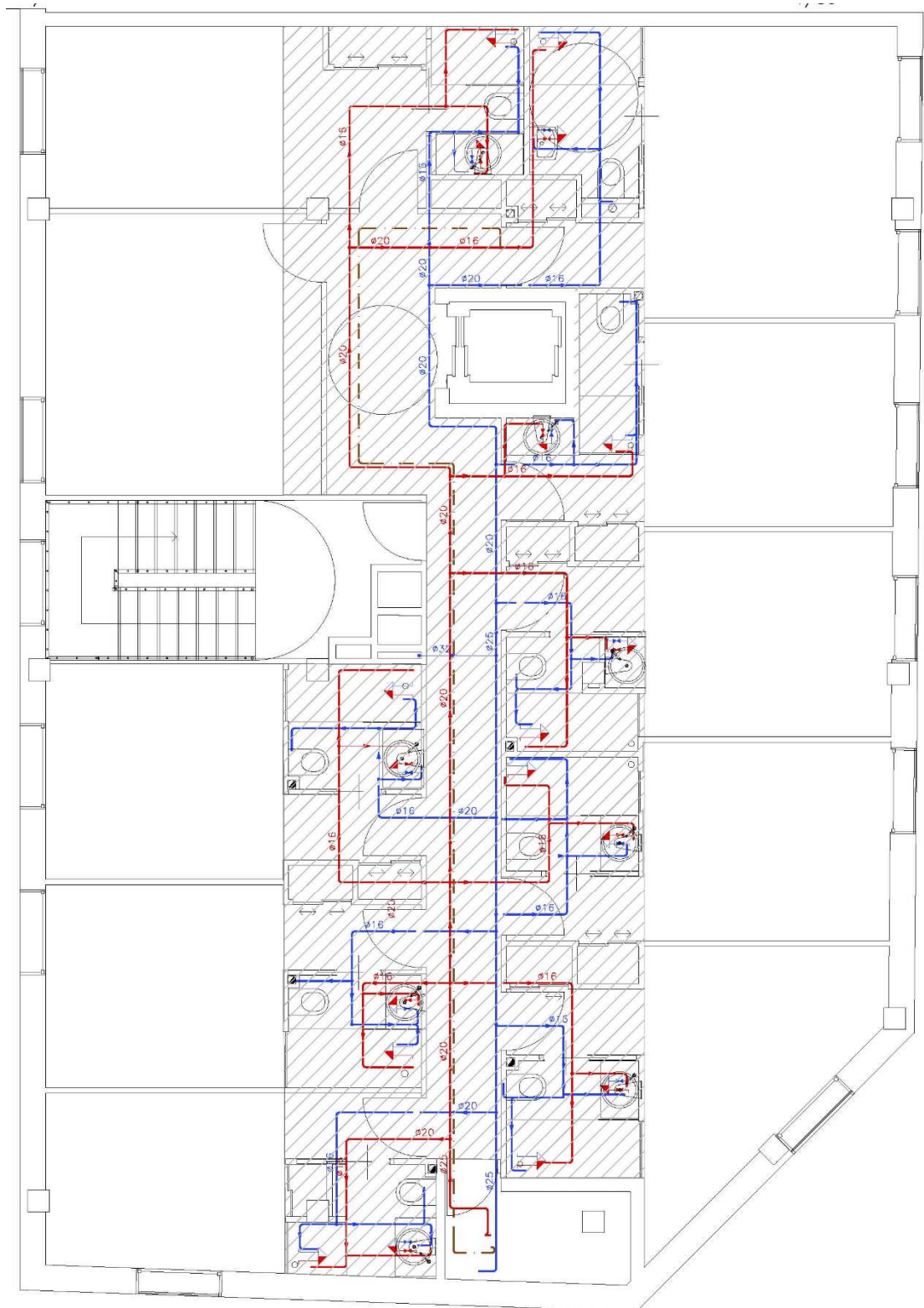


1 ALZADO ESTE 3
08











Anexo 2. Resultados simulaciones.

A continuación se muestran los resultados de las simulaciones realizadas con CYPECADMEP y con la Herramienta Unificada Líder Calener.

SIMULACIÓN CASO 0



1.- RESULTADOS DEL CÁLCULO DE DEMANDA ENERGÉTICA.

1.1.- Porcentaje de ahorro de la demanda energética respecto al edificio de referencia.

$$\%AD = 100 \cdot (D_{G,ref} - D_{G,obj}) / D_{G,ref} = 100 \cdot (74.3 - 85.1) / 74.3 = -14.6 \% \geq \%AD_{exigido} = 20.0 \%$$



donde:

- $\%AD$: Porcentaje de ahorro de la demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración respecto al edificio de referencia.
- $\%AD_{exigido}$: Porcentaje de ahorro mínimo de la demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración respecto al edificio de referencia para edificios de otros usos en zona climática de verano 3 y Media carga de las fuentes internas del edificio, (tabla 2.2, CTE DB HE 1), 20.0 %.
- $D_{G,obj}$: Demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración del edificio objeto, calculada como suma ponderada de las demandas de calefacción y refrigeración, según $D_G = D_c + 0.7 \cdot D_{ri}$, en territorio peninsular, kWh/(m²·año).
- $D_{G,ref}$: Demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración del edificio de referencia, calculada en las mismas condiciones de cálculo que el edificio objeto, obtenido conforme a las reglas establecidas en el Apéndice D de CTE DB HE 1 y el documento 'Condiciones de aceptación de programas alternativos a LIDER/CALENER'.

1.2.- Resumen del cálculo de la demanda energética.

La siguiente tabla es un resumen de los resultados obtenidos en el cálculo de la demanda energética de calefacción y refrigeración de cada zona habitable, junto a la demanda total del edificio.

| Zonas habitables | S_u (m ²) | Horario de uso, Carga interna | C_{FI} (W/m ²) | $D_{G,obj}$ (kWh/año) | $D_{G,obj}$ (kWh/ m ² ·a) | $D_{G,ref}$ (kWh/año) | $D_{G,ref}$ (kWh/ m ² ·a) | $\%AD$ |
|------------------|----------------------------|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------|--|--------------------------|--|--------|
| Z1 | 471.02 | 24 h, Baja | 6.5 | 45132.9 | 95.8 | 39384.7 | 83.6 | -14.6 |
| Z2 | 59.21 | 24 h, Baja | 6.5 | - | - | - | - | - |
| | 530.23 | | 6.5 | 45132.9 | 85.1 | 39384.7 | 74.3 | -14.6 |

donde:

- S_u : Superficie útil de la zona habitable, m².
- C_{FI} : Densidad de las fuentes internas. Supone el promedio horario de la carga térmica total debida a las fuentes internas, repercutida sobre la superficie útil, calculada a partir de las cargas nominales en cada hora para cada carga (carga sensible debida a la ocupación, carga debida a iluminación y carga debida a equipos) a lo largo de una semana tipo. La densidad de las fuentes internas del edificio se obtiene promediando las densidades de cada una de las zonas ponderadas por la fracción de la superficie útil que representa cada espacio en relación a la superficie útil total del edificio. W/m².
- $\%AD$: Porcentaje de ahorro de la demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración respecto al edificio de referencia.
- $D_{G,obj}$: Demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración del edificio objeto, calculada como suma ponderada de las demandas de calefacción y refrigeración, según $D_G = D_c + 0.7 \cdot D_{ri}$, en territorio peninsular, kWh/(m²·año).
- $D_{G,ref}$: Demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración del edificio de referencia, calculada en las mismas condiciones de cálculo que el edificio objeto, obtenido conforme a las reglas establecidas en el Apéndice D de CTE DB HE 1 y el documento 'Condiciones de aceptación de programas alternativos a LIDER/CALENER'.

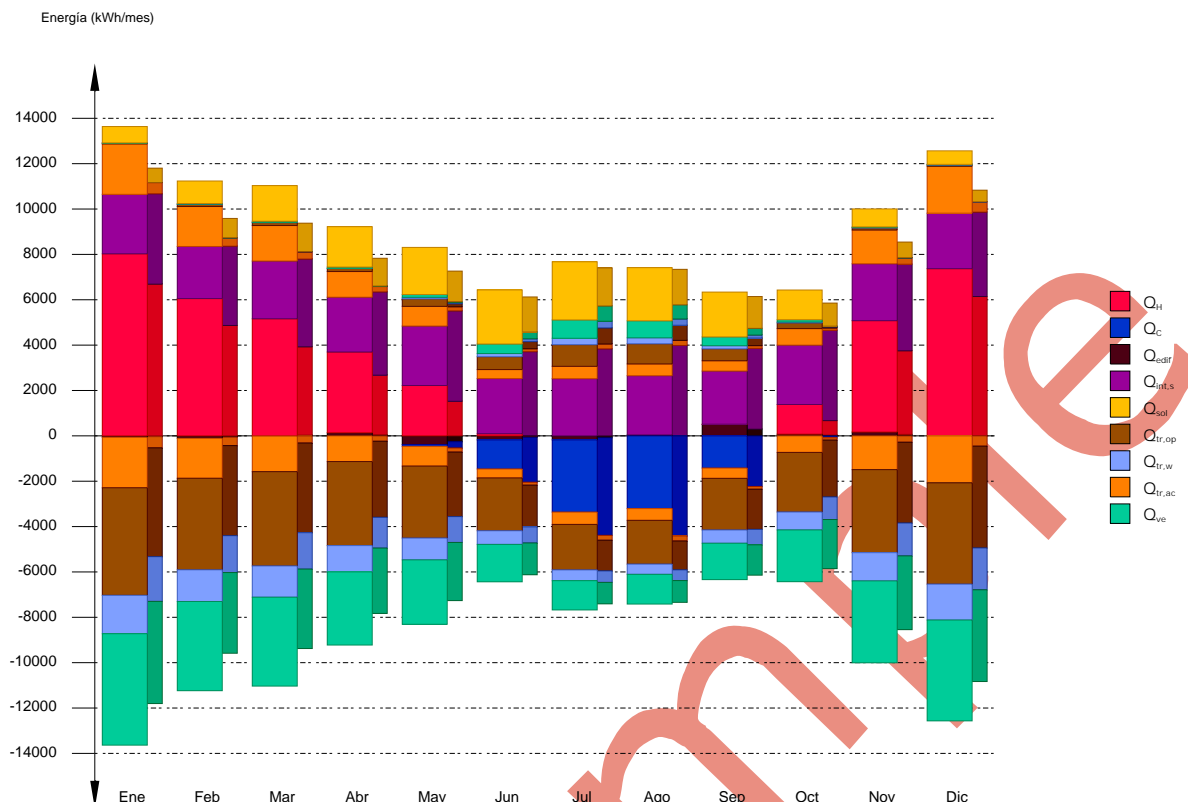
Conforme a la densidad obtenida de las fuentes internas del edificio ($C_{FI,edif} = 6.5 \text{ W/m}^2$), la carga de las fuentes internas del edificio se considera Media, por lo que el porcentaje de ahorro mínimo de la demanda energética conjunta respecto al edificio de referencia es 20.0%, conforme a la tabla 2.2 de CTE DB HE 1.

1.3.- Resultados mensuales.

1.3.1.- Balance energético anual del edificio.

La siguiente gráfica de barras muestra el balance energético del edificio mes a mes, contabilizando la energía perdida o ganada por transmisión térmica al exterior a través de elementos pesados y ligeros ($Q_{tr,op}$ y $Q_{tr,wl}$, respectivamente), la energía involucrada en el acoplamiento térmico entre zonas ($Q_{tr,ac}$), la energía intercambiada por ventilación (Q_{ve}), la ganancia interna sensible neta ($Q_{int,s}$), la ganancia solar neta (Q_{sol}), el calor cedido o almacenado en la masa térmica del edificio (Q_{edif}), y el aporte necesario de calefacción (Q_h) y refrigeración (Q_c).

Han sido realizadas dos simulaciones de demanda energética, correspondientes al edificio objeto de proyecto y al edificio de referencia generado en base a éste, conforme a las reglas establecidas para la definición del edificio de referencia (Apéndice D de CTE DB HE 1 y documento 'Condiciones de aceptación de procedimientos alternativos a LIDER y CALENER'). Con objeto de comparar visualmente el comportamiento de ambas modelizaciones, la gráfica muestra también los resultados del edificio de referencia, mediante barras más estrechas y de color más oscuro, situadas a la derecha de los valores correspondientes al edificio objeto.



En la siguiente tabla se muestran los valores numéricos correspondientes a la gráfica anterior, del balance energético del edificio completo, como suma de las energías involucradas en el balance energético de cada una de las zonas térmicas que conforman el modelo de cálculo del edificio.

El criterio de signos adoptado consiste en emplear valores positivos para energías aportadas a la zona de cálculo, y negativos para la energía extraída.

| | Ene (kWh) | Feb (kWh) | Mar (kWh) | Abr (kWh) | May (kWh) | Jun (kWh) | Jul (kWh) | Ago (kWh) | Sep (kWh) | Oct (kWh) | Nov (kWh) | Dic (kWh) | Año (kWh /año) (kWh/ (m².a)) | |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|---------------------------------|-------|
| Balance energético anual del edificio. | | | | | | | | | | | | | | |
| $Q_{tr,op}$ | 31.6 -4742.0 | 93.6 -4034.5 | 129.1 -4155.8 | 133.4 -3704.7 | 332.3 -3173.1 | 566.7 -2327.1 | 955.3 -2004.4 | 889.8 -1929.6 | 525.7 -2273.8 | 252.2 -2626.5 | 95.0 -3660.8 | 56.5 -4465.2 | -35036.2 | -66.1 |
| $Q_{tr,w}$ | 2.0 -1691.2 | 6.2 -1397.6 | 12.4 -1379.7 | 14.8 -1159.6 | 65.7 -961.4 | 139.6 -602.9 | 280.6 -475.4 | 262.5 -450.3 | 138.4 -586.8 | 37.7 -790.8 | 8.5 -1244.8 | 3.7 -1582.9 | -11351.3 | -21.4 |
| $Q_{tr,ac}$ | 2225.0 -2225.0 | 1761.9 -1761.9 | 1566.5 -1566.5 | 1133.7 -1133.7 | 869.6 -869.6 | 395.9 -395.9 | 543.9 -543.9 | 518.9 -518.9 | 454.8 -454.8 | 730.6 -730.6 | 1489.3 -1489.3 | 2072.5 -2072.5 | | |
| Q_{ve} | 11.0 -4913.9 | 33.3 -3932.9 | 46.2 -3918.7 | 48.6 -3224.9 | 122.7 -2840.3 | 420.2 -1648.5 | 809.3 -1290.5 | 749.6 -1310.0 | 387.1 -1603.2 | 102.4 -2281.9 | 33.2 -3611.1 | 20.0 -4445.4 | -32237.6 | -60.8 |
| $Q_{int,s}$ | 2632.1 -11.6 | 2307.6 -10.2 | 2555.5 -11.3 | 2424.8 -10.7 | 2632.1 -11.6 | 2442.8 -10.8 | 2532.9 -11.2 | 2623.1 -11.6 | 2352.6 -10.4 | 2627.6 -11.6 | 2519.4 -11.1 | 2456.3 -10.8 | 29973.8 | 56.5 |
| Q_{sol} | 724.5 -5.1 | 998.0 -6.9 | 1583.0 -10.7 | 1793.3 -11.9 | 2091.5 -13.6 | 2401.3 -15.6 | 2581.6 -16.8 | 2358.5 -15.4 | 1989.5 -13.2 | 1317.5 -9.1 | 798.4 -5.6 | 600.8 -4.2 | 19109.9 | 36.0 |
| Q_{edif} | -64.6 | -108.9 | -12.3 | 137.2 | -384.4 | -178.8 | -178.0 | 40.7 | 504.0 | 74.1 | 166.7 | 4.4 | | |
| Q_H | 8027.2 | 6052.3 | 5162.3 | 3559.7 | 2219.7 | 94.7 | -- | -- | 10.0 | 1308.4 | 4912.1 | 7366.6 | 38712.9 | 73.0 |
| Q_C | -- | -- | -- | -- | -79.6 | -1281.6 | -3183.3 | -3207.1 | -1419.9 | -- | -- | -- | -9171.5 | -17.3 |
| Q_{HC} | 8027.2 | 6052.3 | 5162.3 | 3559.7 | 2299.2 | 1376.4 | 3183.3 | 3207.1 | 1429.9 | 1308.4 | 4912.1 | 7366.6 | 47884.4 | 90.3 |

donde:

$Q_{tr,op}$: Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos pesados en contacto con el exterior, kWh/(m²·año).

$Q_{tr,w}$: Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos ligeros en contacto con el exterior, kWh/(m²·año).

$Q_{tr,ac}$: Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica debida al acoplamiento térmico entre zonas, kWh/(m²·año).

Q_{ve} : Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica por ventilación, kWh/(m²·año).

$Q_{int,s}$: Transferencia de calor correspondiente a la ganancia de calor interna sensible, kWh/(m²·año).

Q_{sol} : Transferencia de calor correspondiente a la ganancia de calor solar, kWh/(m²·año).



Q_{edif} : Transferencia de calor correspondiente al almacenamiento o cesión de calor por parte de la masa térmica del edificio, kWh/(m²·año).

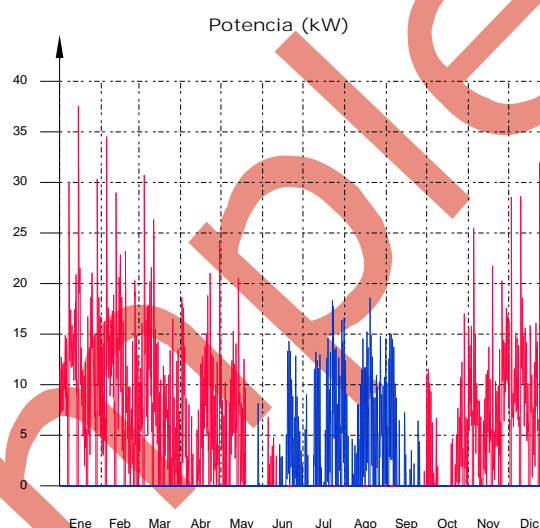
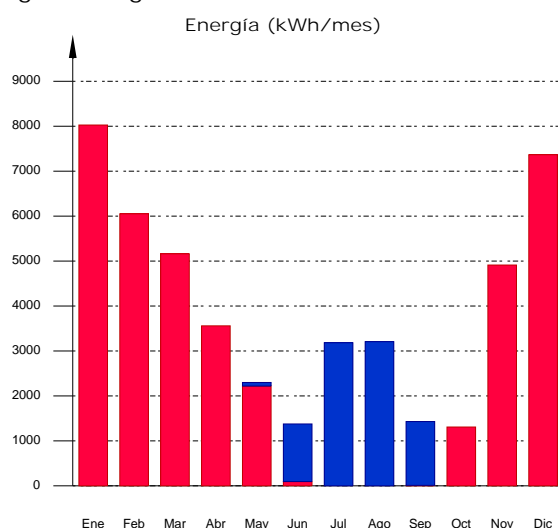
Q_H : Energía aportada de calefacción, kWh/(m²·año).

Q_C : Energía aportada de refrigeración, kWh/(m²·año).

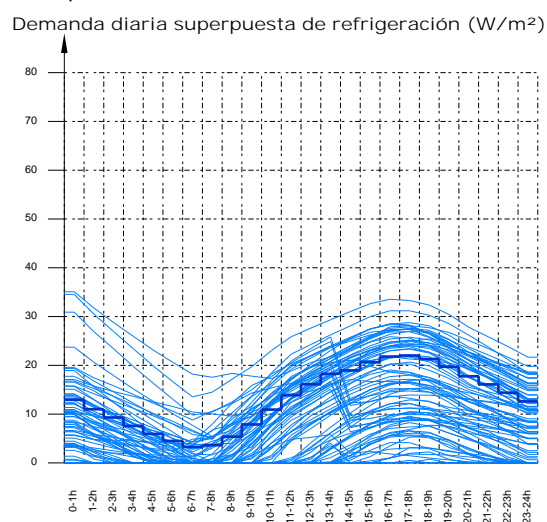
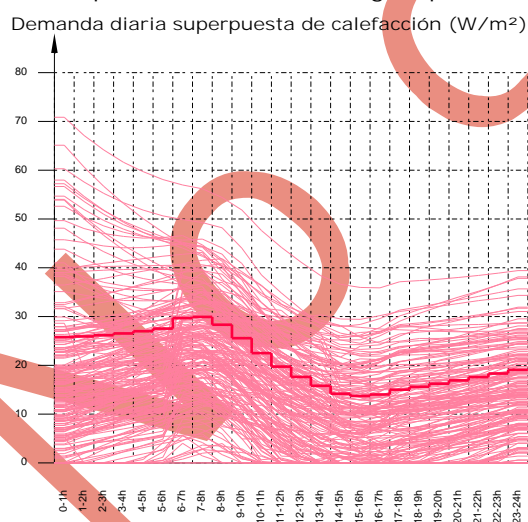
Q_{HC} : Energía aportada de calefacción y refrigeración, kWh/(m²·año).

1.3.2.- Demanda energética mensual de calefacción y refrigeración.

Atendiendo únicamente a la demanda energética a cubrir por los sistemas de calefacción y refrigeración, las necesidades energéticas y de potencia útil instantánea a lo largo de la simulación anual se muestran en los siguientes gráficos:



A continuación, en los gráficos siguientes, se muestran las potencias útiles instantáneas por superficie acondicionada de aporte de calefacción y refrigeración para cada uno de los días de la simulación en los que se necesita aporte energético para mantener las condiciones interiores impuestas, mostrando cada uno de esos días de forma superpuesta en una gráfica diaria en horario legal, junto a una curva típica obtenida mediante la ponderación de la energía aportada por día activo, para cada día de cálculo:



La información gráfica anterior se resume en la siguiente tabla de resultados estadísticos del aporte energético de calefacción y refrigeración:

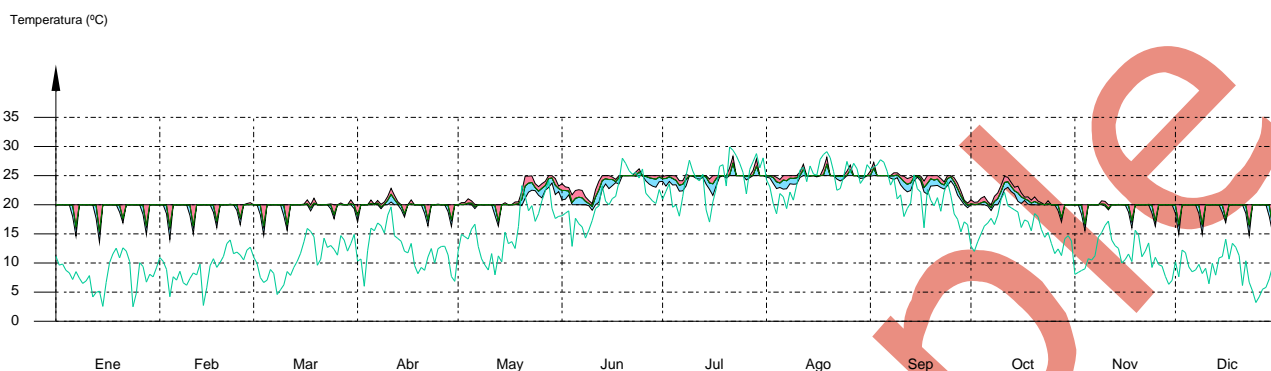
| | Nº activ. | Nº días activos (d) | Nº horas activas (h) | Nº horas por activ. (h) | Potencia típica (W/m ²) | Demanda típica por día activo (kWh/m ²) |
|---------------|-----------|---------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------------------|---|
| Calefacción | 81 | 198 | 4205 | 21 | 17.36 | 0.3688 |
| Refrigeración | 65 | 82 | 1451 | 17 | 11.92 | 0.2109 |



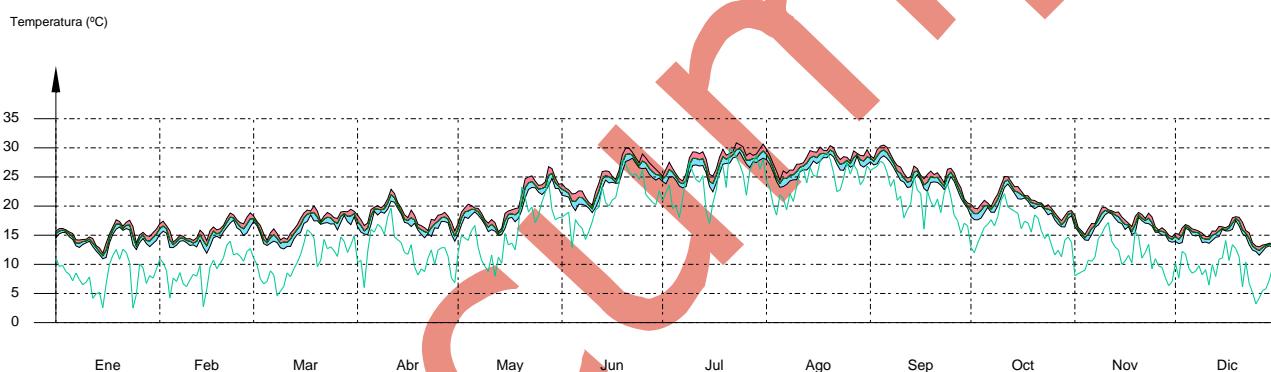
1.3.3.- Evolución de la temperatura.

La evolución de la temperatura interior en las zonas modelizadas del edificio objeto de proyecto se muestra en las siguientes gráficas, que muestran la evolución de las temperaturas mínimas, máximas y medias de cada día, junto a la temperatura exterior media diaria, en cada zona:

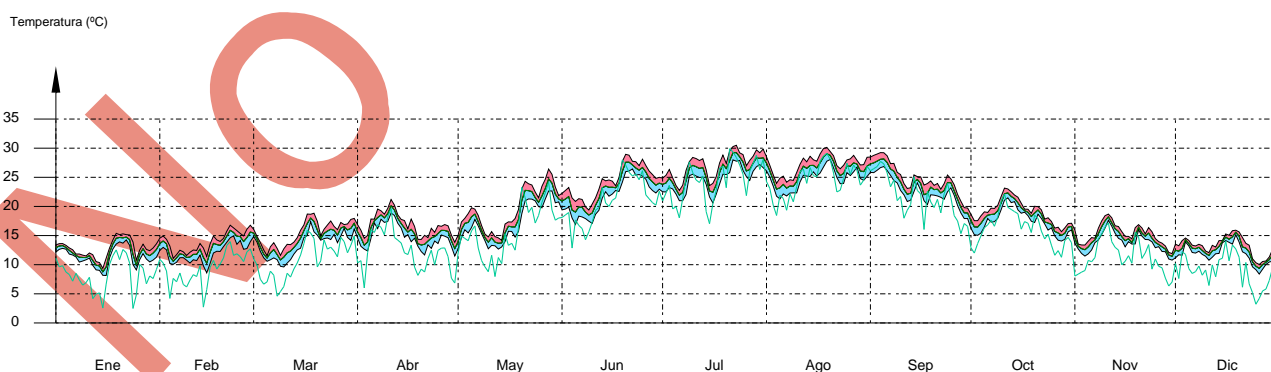
Z1



Z2



Z3



1.3.4.- Resultados numéricos del balance energético por zona y mes.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de transferencia total de calor por transmisión y ventilación, calor interno total y ganancias solares, y energía necesaria para calefacción y refrigeración, de cada una de las zonas de cálculo del edificio.

El criterio de signos adoptado consiste en emplear valores positivos para energías aportadas a la zona de cálculo, y negativos para la energía extraída.

Las ganancias solares e internas muestran los valores de ganancia energética bruta mensual, junto a la



pérdida directa debida al calor que escapa de la zona de cálculo a través de los elementos ligeros, conforme al método de cálculo utilizado.

Se muestra también el calor neto mensual almacenado o cedido por la masa térmica de cada zona de cálculo, de balance anual nulo.

| | Ene (kWh) | Feb (kWh) | Mar (kWh) | Abr (kWh) | May (kWh) | Jun (kWh) | Jul (kWh) | Ago (kWh) | Sep (kWh) | Oct (kWh) | Nov (kWh) | Dic (kWh) | Año (kWh/ /año) | (kWh/ (m ² ·a)) |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------------|-------------------------------|
| Z1 ($A_v = 471.02 \text{ m}^2$; $V = 1197.94 \text{ m}^3$; $A_{\text{tot}} = 2288.02 \text{ m}^2$; $C_m = 153158.195 \text{ kJ/K}$; $A_m = 1317.55 \text{ m}^2$) | | | | | | | | | | | | | | |
| $Q_{\text{tr,op}}$ | 0.0 | 0.6 | 11.3 | 19.2 | 110.1 | 243.2 | 484.4 | 452.8 | 239.5 | 60.0 | 6.4 | -- | -19410.2 | -41.2 |
| $Q_{\text{tr,w}}$ | -- | 0.1 | 4.5 | 7.1 | 49.5 | 116.4 | 245.5 | 230.3 | 117.7 | 24.4 | 2.5 | -- | -10007.9 | -21.2 |
| $Q_{\text{tr,ac}}$ | -- | -- | -- | 1.1 | 18.5 | 154.8 | 431.6 | 430.7 | 204.4 | 8.5 | -- | -- | -10801.2 | -22.9 |
| Q_{ve} | -- | 0.1 | 4.9 | 8.0 | 46.0 | 302.2 | 636.9 | 591.0 | 283.4 | 33.3 | 1.4 | -- | -25771.7 | -54.7 |
| $Q_{\text{int,s}}$ | 2338.1 | 2049.9 | 2270.1 | 2154.0 | 2338.1 | 2170.0 | 2250.1 | 2330.1 | 2089.9 | 2334.1 | 2238.0 | 2182.0 | 26618.2 | 56.5 |
| Q_{sol} | 421.5 | 555.8 | 839.2 | 915.7 | 1027.3 | 1173.9 | 1269.0 | 1168.9 | 1024.6 | 729.7 | 454.2 | 345.4 | 9831.4 | 20.9 |
| Q_{edif} | -21.3 | -28.5 | 11.1 | 26.8 | -167.1 | -92.6 | -54.1 | 10.7 | 258.0 | 12.5 | 41.3 | 3.1 | | |
| Q_{H} | 8027.2 | 6052.3 | 5162.3 | 3559.7 | 2219.7 | 94.7 | -- | -- | 10.0 | 1308.4 | 4912.1 | 7366.6 | 38712.9 | 82.2 |
| Q_{C} | -- | -- | -- | -- | -79.6 | -1281.6 | -3183.3 | -3207.1 | -1419.9 | -- | -- | -- | -9171.5 | -19.5 |
| Q_{HC} | 8027.2 | 6052.3 | 5162.3 | 3559.7 | 2299.2 | 1376.4 | 3183.3 | 3207.1 | 1429.9 | 1308.4 | 4912.1 | 7366.6 | 47884.4 | 101.7 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|-------|
| Z2 ($A_v = 59.21 \text{ m}^2$; $V = 139.83 \text{ m}^3$; $A_{\text{tot}} = 320.61 \text{ m}^2$; $C_m = 18370.010 \text{ kJ/K}$; $A_m = 162.92 \text{ m}^2$) | | | | | | | | | | | | | | |
| $Q_{\text{tr,op}}$ | 0.6 | 3.9 | 6.2 | 7.0 | 21.0 | 27.4 | 47.1 | 39.9 | 23.8 | 11.2 | 3.9 | 2.0 | -2617.1 | -44.2 |
| $Q_{\text{tr,w}}$ | -301.4 | -261.6 | -279.0 | -257.9 | -228.4 | -189.4 | -175.0 | -175.2 | -194.8 | -207.8 | -254.8 | -285.9 | -473.0 | -8.0 |
| $Q_{\text{tr,ac}}$ | 257.5 | 196.0 | 162.1 | 103.2 | 70.6 | 2.2 | 1.3 | 0.6 | 0.3 | 29.9 | 142.4 | 237.1 | 353.6 | 6.0 |
| Q_{ve} | 0.0 | 1.1 | 1.5 | 2.2 | 3.8 | 10.4 | 17.1 | 13.1 | 8.0 | 3.1 | 1.1 | 0.3 | -1561.6 | -26.4 |
| $Q_{\text{int,s}}$ | 293.9 | 257.7 | 285.4 | 270.8 | 293.9 | 272.8 | 282.9 | 292.9 | 262.7 | 293.4 | 281.4 | 274.3 | 3355.7 | 56.7 |
| Q_{sol} | 43.6 | 54.7 | 79.2 | 84.4 | 100.6 | 106.4 | 112.6 | 109.8 | 95.2 | 74.7 | 48.7 | 36.1 | 942.5 | 15.9 |
| Q_{edif} | -8.3 | -13.7 | -1.2 | 17.4 | -40.7 | -10.9 | -23.6 | 4.9 | 46.4 | 6.3 | 21.9 | 1.6 | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|-------|
| Z3 ($A_v = 365.87 \text{ m}^2$; $V = 732.48 \text{ m}^3$; $A_{\text{tot}} = 981.54 \text{ m}^2$; $C_m = 82263.294 \text{ kJ/K}$; $A_m = 824.03 \text{ m}^2$) | | | | | | | | | | | | | | |
| $Q_{\text{tr,op}}$ | 31.0 | 89.2 | 111.6 | 107.2 | 201.2 | 296.1 | 423.8 | 397.1 | 262.3 | 181.0 | 84.8 | 54.5 | -13008.9 | -35.6 |
| $Q_{\text{tr,w}}$ | -1550.2 | -1396.0 | -1528.1 | -1431.5 | -1275.7 | -1112.7 | -1038.5 | -1009.5 | -1080.7 | -1052.6 | -1294.6 | -1478.6 | -870.5 | -2.4 |
| $Q_{\text{tr,ac}}$ | 1967.5 | 1565.8 | 1404.4 | 1029.3 | 780.4 | 238.9 | 110.9 | 87.6 | 250.1 | 692.2 | 1346.9 | 1835.5 | 10447.7 | 28.6 |
| Q_{ve} | 11.0 | 32.0 | 39.8 | 38.4 | 72.9 | 107.6 | 155.3 | 145.4 | 95.7 | 66.0 | 30.8 | 19.8 | -4904.3 | -13.4 |
| $Q_{\text{int,s}}$ | 259.4 | 387.5 | 664.6 | 793.2 | 963.6 | 1121.0 | 1200.0 | 1079.8 | 869.7 | 513.2 | 295.4 | 219.3 | 8336.0 | 22.8 |
| Q_{sol} | -1.0 | -1.4 | -2.4 | -2.9 | -3.5 | -4.1 | -4.4 | -4.0 | -3.2 | -1.9 | -1.1 | -0.8 | | |
| Q_{edif} | -35.0 | -66.8 | -22.3 | 93.1 | -176.6 | -75.3 | -100.3 | 25.1 | 199.6 | 55.2 | 103.6 | -0.3 | | |

donde:

A_v : Superficie útil de la zona térmica, m².

V : Volumen interior neto de la zona térmica, m³.

A_{tot} : Área de todas las superficies que revisten la zona térmica, m².

C_m : Capacidad calorífica interna de la zona térmica calculada conforme a la Norma ISO 13786:2007 (método detallado), kJ/K.

A_m : Superficie efectiva de masa de la zona térmica, conforme a la Norma ISO 13790:2011, m².



- $Q_{tr,op}$: Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos pesados en contacto con el exterior, kWh/(m²·año).
- $Q_{tr,w}$: Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos ligeros en contacto con el exterior, kWh/(m²·año).
- $Q_{tr,ac}$: Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica debida al acoplamiento térmico entre zonas, kWh/(m²·año).
- Q_{ve} : Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica por ventilación, kWh/(m²·año).
- $Q_{int,s}$: Transferencia de calor correspondiente a la ganancia de calor interna sensible, kWh/(m²·año).
- Q_{sol} : Transferencia de calor correspondiente a la ganancia de calor solar, kWh/(m²·año).
- Q_{edif} : Transferencia de calor correspondiente al almacenamiento o cesión de calor por parte de la masa térmica de la zona, kWh/(m²·año).
- Q_H : Energía aportada de calefacción, kWh/(m²·año).
- Q_C : Energía aportada de refrigeración, kWh/(m²·año).
- Q_{HC} : Energía aportada de calefacción y refrigeración, kWh/(m²·año).

2.- MODELO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO.

2.1.- Zonificación climática

El edificio objeto del proyecto se sitúa en el municipio de Alcañiz (provincia de Teruel), con una altura sobre el nivel del mar de 381 m. Le corresponde, conforme al Apéndice B de CTE DB HE 1, la zona climática C3. La pertenencia a dicha zona climática define las solicitaciones exteriores para el cálculo de demanda energética, mediante la determinación del clima de referencia asociado, publicado en formato informático (fichero MET) por la Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo, del Ministerio de Fomento.

2.2.- Zonificación del edificio, perfil de uso y nivel de acondicionamiento.

2.2.1.- Agrupaciones de recintos.

Se muestra a continuación la caracterización de los espacios que componen cada una de las zonas de cálculo del edificio. Para cada espacio, se muestran su superficie y volumen, junto a sus condiciones operacionales conforme a los perfiles de uso del Apéndice C de CTE DB HE 1, su acondicionamiento térmico, y sus solicitaciones interiores debidas a aportes de energía de ocupantes, equipos e iluminación.

| | S (m ²) | V (m ³) | b _{ve} | ren _h (1/h) | SQ _{ocup,s} (kWh /año) | SQ _{equip} (kWh /año) | SQ _{ilum} (kWh /año) | T ⁺ calef. media (°C) | T ⁺ refrig. media (°C) |
|---|------------------------|------------------------|-----------------|---------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--|---|
| Z1 (Zona habitable, Perfil: Baja, 24 h) | | | | | | | | | |
| R1 | 21.92 | 56.59 | 1.00 | 1.50 | 292.8 | 219.6 | 732.0 | 20.0 | 25.0 |
| R2 | 14.93 | 38.57 | 1.00 | 1.50 | 199.5 | 149.6 | 498.8 | 20.0 | 25.0 |
| R3 | 14.69 | 37.93 | 1.00 | 1.50 | 196.2 | 147.2 | 490.6 | 20.0 | 25.0 |
| R4 | 18.47 | 47.69 | 1.00 | 1.50 | 246.7 | 185.0 | 616.8 | 20.0 | 25.0 |
| R5 | 20.89 | 53.94 | 1.00 | 1.50 | 279.0 | 209.3 | 697.6 | 20.0 | 25.0 |
| R6 | 15.24 | 39.36 | 1.00 | 1.50 | 203.6 | 152.7 | 509.0 | 20.0 | 25.0 |
| R8 | 28.62 | 65.47 | 1.00 | 1.50 | 382.3 | 286.8 | 955.8 | 20.0 | 25.0 |
| R12 | 20.29 | 52.41 | 1.00 | 1.50 | 271.1 | 203.3 | 677.8 | 20.0 | 25.0 |
| R13 | 14.06 | 36.30 | 1.00 | 1.50 | 187.8 | 140.8 | 469.4 | 20.0 | 25.0 |
| R14 | 14.51 | 37.48 | 1.00 | 1.50 | 193.9 | 145.4 | 484.7 | 20.0 | 25.0 |
| R15 | 14.51 | 37.48 | 1.00 | 1.50 | 193.9 | 145.4 | 484.7 | 20.0 | 25.0 |
| R16 | 14.55 | 37.56 | 1.00 | 1.50 | 194.3 | 145.7 | 485.8 | 20.0 | 25.0 |
| R17 | 12.64 | 32.64 | 1.00 | 1.50 | 168.9 | 126.7 | 422.2 | 20.0 | 25.0 |
| R18 | 14.30 | 36.94 | 1.00 | 1.50 | 191.1 | 143.3 | 477.8 | 20.0 | 25.0 |
| R19 | 14.77 | 37.66 | 1.00 | 1.50 | 197.3 | 147.9 | 493.2 | 20.0 | 25.0 |
| R20 | 16.42 | 42.42 | 1.00 | 1.50 | 219.4 | 164.6 | 548.5 | 20.0 | 25.0 |
| R21 | 15.88 | 41.01 | 1.00 | 1.50 | 212.2 | 159.1 | 530.4 | 20.0 | 25.0 |
| R23 | 16.20 | 37.06 | 1.00 | 1.50 | 216.4 | 162.3 | 541.1 | 20.0 | 25.0 |
| R24 | 16.20 | 37.06 | 1.00 | 1.50 | 216.4 | 162.3 | 541.1 | 20.0 | 25.0 |
| R27 | 20.29 | 52.41 | 1.00 | 1.50 | 271.1 | 203.3 | 677.8 | 20.0 | 25.0 |
| R28 | 14.06 | 36.30 | 1.00 | 1.50 | 187.8 | 140.8 | 469.4 | 20.0 | 25.0 |
| R29 | 14.51 | 37.48 | 1.00 | 1.50 | 193.9 | 145.4 | 484.7 | 20.0 | 25.0 |
| R30 | 14.51 | 37.48 | 1.00 | 1.50 | 193.9 | 145.4 | 484.7 | 20.0 | 25.0 |
| R31 | 14.55 | 37.56 | 1.00 | 1.50 | 194.3 | 145.7 | 485.8 | 20.0 | 25.0 |
| R32 | 12.64 | 32.64 | 1.00 | 1.50 | 168.9 | 126.7 | 422.2 | 20.0 | 25.0 |



| | S (m ²) | V (m ³) | b _{ve} | ren _h (1/h) | SQ _{ocup,s} (kWh/año) | SQ _{equip} (kWh/año) | SQ _{ilum} (kWh/año) | T° calef. media (°C) | T° refriger. media (°C) |
|-----|------------------------|------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| R33 | 14.30 | 36.94 | 1.00 | 1.50 | 191.1 | 143.3 | 477.8 | 20.0 | 25.0 |
| R34 | 14.77 | 38.13 | 1.00 | 1.50 | 197.3 | 147.9 | 493.2 | 20.0 | 25.0 |
| R35 | 16.42 | 42.41 | 1.00 | 1.50 | 219.4 | 164.6 | 548.5 | 20.0 | 25.0 |
| R36 | 15.88 | 41.01 | 1.00 | 1.50 | 212.2 | 159.1 | 530.4 | 20.0 | 25.0 |
| | 471.02 | 1197.94 | 1.00 | 1.50/1.147 [*] | 6292.8 | 4719.6 | 15732.0 | 20.0 | 25.0 |

Z2 (Zona habitable, Perfil: Baja, 24 h)

| | | | | | | | | | |
|-----|-------|--------|------|-------------------------|-------|-------|--------|-----|-----|
| R7 | 11.58 | 29.90 | 1.00 | 1.00 | 154.7 | 116.0 | 386.7 | -- | -- |
| R10 | 3.02 | 7.71 | 1.00 | 1.00 | 40.4 | 30.3 | 101.0 | -- | -- |
| R10 | 4.65 | 12.02 | 1.00 | 1.00 | 62.2 | 46.6 | 155.5 | -- | -- |
| R22 | 11.54 | 29.81 | 1.00 | 1.00 | 154.2 | 115.7 | 385.6 | -- | -- |
| R25 | 4.65 | 12.02 | 1.00 | 1.00 | 62.2 | 46.6 | 155.5 | -- | -- |
| R26 | 11.54 | 29.81 | 1.00 | 1.00 | 154.2 | 115.7 | 385.6 | -- | -- |
| R42 | 12.22 | 18.56 | 1.00 | 1.00 | 163.2 | 122.4 | 408.1 | -- | -- |
| | 59.21 | 139.83 | 1.00 | 1.00/0.764 [*] | 791.1 | 593.3 | 1977.8 | 0.0 | 0.0 |

Z3 (Zona no habitable)

| | | | | | | | | | |
|-----|--------|--------|------|------|-----|-----|-----|------------------|--|
| R40 | 156.85 | 451.81 | 1.00 | 0.80 | -- | -- | -- | Oscilación libre | |
| R9 | 2.35 | 5.98 | 1.00 | 0.80 | -- | -- | -- | | |
| R11 | 2.37 | 6.04 | 1.00 | 0.80 | -- | -- | -- | | |
| R38 | 2.37 | 6.04 | 1.00 | 0.80 | -- | -- | -- | | |
| R41 | 201.94 | 262.60 | 1.00 | 0.80 | -- | -- | -- | | |
| | 365.87 | 732.48 | 1.00 | 0.80 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | | |

donde:

S: Superficie útil interior del recinto, m².V: Volumen interior neto del recinto, m³.b_{ve}: Factor de ajuste de la temperatura de suministro de ventilación. En caso de disponer de una unidad de recuperación de calor, el factor de ajuste de la temperatura de suministro de ventilación para el caudal de aire procedente de la unidad de recuperación es igual a $b_{ve} = (1 - f_{ve,frac} \cdot \eta_{ru})$, donde η_{ru} es el rendimiento de la unidad de recuperación y $f_{ve,frac}$ es la fracción del caudal de aire total que circula a través del recuperador.ren_h: Número de renovaciones por hora del aire del recinto.

*: Valor medio del número de renovaciones hora del aire de la zona habitable, incluyendo las infiltraciones calculadas.

Q_{ocup,s}: Sumatorio de la carga interna sensible debida a la ocupación del recinto a lo largo del año, conforme al perfil anual asignado y a su superficie, kWh/año.Q_{equip}: Sumatorio de la carga interna debida a los equipos presentes en el recinto a lo largo del año, conforme al perfil anual asignado y a su superficie, kWh/año.Q_{ilum}: Sumatorio de la carga interna debida a la iluminación del recinto a lo largo del año, conforme al perfil anual asignado y a su superficie, kWh/año.

T° calef. media: Valor medio en los intervalos de operación de la temperatura de consigna de calefacción, °C.

T° refriger. media: Valor medio en los intervalos de operación de la temperatura de consigna de refrigeración, °C.

2.2.2.- Perfiles de uso utilizados.

Los perfiles de uso utilizados en el cálculo del edificio, obtenidos del Apéndice C de CTE DB HE 1, son los siguientes:



Distribución horaria

1h 2h 3h 4h 5h 6h 7h 8h 9h 10h 11h 12h 13h 14h 15h 16h 17h 18h 19h 20h 21h 22h 23h 24h

Perfil: Baja, 24 h (uso no residencial)

Temp. Consigna Alta (°C)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Laboral | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| Sábado | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| Festivo | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |

Temp. Consigna Baja (°C)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Laboral | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Sábado | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Festivo | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |

Ocupación sensible (W/m²)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Laboral | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Sábado | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Festivo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Iluminación (%)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Laboral | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Sábado | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Festivo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Equipos (W/m²)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Laboral | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 |
| Sábado | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Festivo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Ventilación (%)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Laboral | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Sábado | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Festivo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

2.3.- Descripción geométrica y constructiva del modelo de cálculo.

2.3.1.- Composición constructiva. Elementos constructivos pesados.

La transmisión de calor al exterior a través de los elementos constructivos pesados que forman la envolvente térmica de las zonas habitables del edificio (-21.6 kWh/(m²·año)) supone el 35.3% de la transmisión térmica total a través de dicha envolvente (-61.3 kWh/(m²·año)).

| | Tipo | S (m²) | c (kJ/ (m²·K)) | U (W/ (m²·K)) | âQ _{tr} (kWh /año) | a | I. (°) | O. (°) | F _{sh,o} | âQ _{sol} (kWh /año) |
|----------------------------|------|-----------|----------------------|---------------------|-----------------------------------|------------|-----------|------------|-------------------|------------------------------------|
| Z1 | | | | | | | | | | |
| MD1 | | 83.64 | 130.40 | | | | | | | |
| FE1 | | 6.32 | 56.42 | 0.59 | -190.9 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.80 | 26.4 |
| Tabique PYL 100/600(70) LM | | 129.40 | 13.38 | 0.47 | -571.7 | Hacia 'Z2' | | | | |
| Tabique PYL 100/600(70) LM | | 42.65 | 13.38 | 0.47 | -493.1 | Hacia 'Z3' | | | | |
| Tabique PYL 100/600(70) LM | | 807.20 | 13.38 | | | | | | | |
| FJ1 | | 131.44 | 109.13 | 1.28 | -3813.8 | Hacia 'Z3' | | | | |
| FJ1 | | 238.44 | 154.76 | | | | | | | |
| FE1 | | 4.78 | 56.42 | 0.59 | -144.5 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.68 | 17.0 |
| FE1 | | 4.46 | 56.42 | 0.59 | -135.0 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.64 | 15.0 |
| FE1 | | 11.99 | 56.42 | 0.59 | -362.5 | 0.4 | V | S(-178.04) | 0.36 | 32.0 |
| FE1 | | 7.24 | 56.42 | 0.59 | -218.9 | 0.4 | V | SE(135) | 0.71 | 35.8 |
| FE1 | | 2.81 | 56.42 | 0.59 | -84.8 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.67 | 9.9 |
| FJ1 | | 1.82 | 154.76 | 1.72 | -28.3 | Hacia 'Z2' | | | | |
| FE1 | | 10.98 | 56.42 | 0.59 | -332.1 | 0.4 | V | O(-90) | 0.81 | 49.4 |
| FE1 | | 8.37 | 56.42 | 0.59 | -253.0 | 0.4 | V | S(-178.04) | 0.37 | 22.6 |
| FE1 | | 6.05 | 56.42 | 0.59 | -182.9 | 0.4 | V | O(-90) | 0.54 | 18.2 |
| FJ1 | | 14.77 | 148.83 | | | | | | | |



| | Tipo | S (m ²) | c (kJ/ (m ² ·K)) | U (W/ (m ² ·K)) | âQ _{tr} (kWh /año) | a | I. (°) | O. (°) | F _{sh,o} | âQ _{col} (kWh /año) |
|-----------|------|------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------|------------|------------|-------------------|------------------------------------|
| FE1 | | 7.79 | 56.42 | 0.59 | -235.5 | 0.4 | V | O(-90) | 0.34 | 14.8 |
| FJ1 | | 44.42 | 57.20 | | | | | | | |
| FE1 | | 5.38 | 56.42 | 0.59 | -162.5 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.82 | 23.1 |
| FJ1 | | 238.44 | 114.21 | | | | | | | |
| FJ1 | | 27.13 | 112.04 | 1.84 | -2414.7 | | | | | |
| FE1 | | 4.77 | 56.42 | 0.59 | -144.2 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.80 | 20.0 |
| FE1 | | 4.58 | 56.42 | 0.59 | -138.3 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.78 | 18.6 |
| FE1 | | 4.59 | 56.42 | 0.59 | -138.6 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.76 | 18.1 |
| FE1 | | 9.68 | 56.42 | 0.59 | -292.5 | 0.4 | V | SE(135.23) | 0.76 | 50.9 |
| FE1 | | 2.69 | 56.42 | 0.59 | -81.2 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.78 | 11.0 |
| FE1 | | 6.07 | 56.42 | 0.59 | -183.3 | 0.4 | V | O(-90) | 0.91 | 30.5 |
| FE1 | | 10.82 | 56.42 | 0.59 | -326.9 | 0.4 | V | S(-177.99) | 0.84 | 67.3 |
| FJ2 | | 3.17 | 112.04 | 2.17 | -340.7 | 0.6 | H | | 0.16 | 30.3 |
| FE1 | | 5.79 | 56.42 | 0.59 | -175.0 | 0.4 | V | O(-90) | 0.86 | 27.8 |
| FE1 | | 5.84 | 56.42 | 0.59 | -176.7 | 0.4 | V | O(-90) | 0.63 | 20.4 |
| FJ1 | | 14.77 | 86.51 | | | | | | | |
| FE1 | | 7.75 | 56.42 | 0.59 | -234.4 | 0.4 | V | O(-90) | 0.42 | 18.2 |
| FJ1 | | 44.42 | 109.13 | | | | | | | |
| FJ1 | | 2.79 | 114.21 | 1.72 | -43.4 | | Hacia 'Z2' | | | |
| FE1 | | 3.73 | 56.42 | 0.59 | -112.9 | 0.4 | V | O(-90) | 0.45 | 9.4 |
| FJ1 | | 15.78 | 57.20 | 1.28 | -457.8 | | Hacia 'Z3' | | | |
| FE1 | | 5.38 | 56.42 | 0.59 | -162.5 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.85 | 23.9 |
| FJ1 | | 129.33 | 154.76 | 1.72 | -5007.9 | | Hacia 'Z3' | | | |
| FE1 | | 4.77 | 56.42 | 0.59 | -144.2 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.85 | 21.3 |
| FE1 | | 4.58 | 56.42 | 0.59 | -138.3 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.85 | 20.4 |
| FE1 | | 4.59 | 56.42 | 0.59 | -138.6 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.85 | 20.5 |
| FE1 | | 9.68 | 56.42 | 0.59 | -292.5 | 0.4 | V | SE(135.23) | 0.83 | 55.9 |
| FE1 | | 2.69 | 56.42 | 0.59 | -81.2 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.88 | 12.4 |
| FE1 | | 6.07 | 56.42 | 0.59 | -183.3 | 0.4 | V | O(-90) | 0.88 | 29.7 |
| FE1 | | 10.82 | 56.42 | 0.59 | -326.9 | 0.4 | V | S(-177.99) | 0.80 | 64.2 |
| FE1 | | 5.79 | 56.42 | 0.59 | -175.0 | 0.4 | V | O(-90) | 0.82 | 26.4 |
| AZ1 (FJ1) | | 3.05 | 148.36 | 0.77 | -121.2 | 0.6 | H | | 0.42 | 26.2 |
| FE1 | | 5.94 | 56.42 | 0.59 | -179.6 | 0.4 | V | O(-90) | 0.75 | 24.7 |
| AZ1 (FJ1) | | 6.49 | 148.36 | 0.77 | -257.7 | 0.6 | H | | 0.66 | 88.4 |
| FE1 | | 7.75 | 56.42 | 0.59 | -234.4 | 0.4 | V | O(-90) | 0.67 | 29.0 |
| AZ1 (FJ1) | | 9.38 | 148.36 | 0.77 | -372.5 | 0.6 | H | | 0.63 | 120.6 |
| FE1 | | 3.73 | 56.42 | 0.59 | -112.9 | 0.4 | V | O(-90) | 0.70 | 14.6 |
| | | | | | -9982.8 | -10416.0* | | | | 1164.8 |

Z2

| | | | | | | | | | | |
|----------------------------|--|--------|--------|------|--------|------------|---|--------|------|-----|
| FE1 | | 4.33 | 56.42 | 0.59 | -108.1 | 0.4 | V | O(-90) | 0.39 | 9.4 |
| Tabique PYL 100/600(70) LM | | 129.40 | 13.38 | 0.47 | 571.7 | Desde 'Z1' | | | | |
| FJ1 | | 11.58 | 109.13 | 1.28 | -201.2 | Hacia 'Z3' | | | | |
| FJ1 | | 39.13 | 154.76 | | | | | | | |
| MD1 | | 6.29 | 130.40 | | | | | | | |
| Tabique PYL 100/600(70) LM | | 17.86 | 13.38 | 0.47 | -127.6 | Hacia 'Z3' | | | | |
| FJ1 | | 2.79 | 83.81 | 0.54 | -20.1 | Hacia 'Z3' | | | | |









| | Tipo | S (m²) | c (kJ/ (m²·K)) | U (W/ (m²·K)) | âQ _{tr} (kWh /año) | a | I. (°) | O. (°) | F _{sh,o} | âQ _{sol} (kWh /año) | |
|-----|------|-----------|----------------------|---------------------|-----------------------------------|------------|-----------|------------|-------------------|------------------------------------|-------|
| FJ1 | | 2.79 | 154.76 | 1.72 | 43.4 | Desde 'Z1' | | | | | |
| FE1 | | 7.04 | 56.42 | 0.59 | -175.7 | 0.4 | V | S(-177.99) | 0.83 | 43.3 | |
| FE1 | | 0.73 | 56.42 | 0.59 | -18.4 | 0.4 | V | SE(135.23) | 0.87 | 4.4 | |
| FJ1 | | 1.82 | 114.21 | 1.72 | 28.3 | Desde 'Z1' | | | | | |
| FJ2 | | 1.78 | 112.04 | 2.17 | -160.7 | 0.6 | H | | 0.16 | 17.0 | |
| FE1 | | 4.33 | 56.42 | 0.59 | -108.1 | 0.4 | V | O(-90) | 0.49 | 11.7 | |
| FJ1 | | 39.13 | 114.21 | | | | | | | | |
| FE1 | | 7.04 | 56.42 | 0.59 | -175.7 | 0.4 | V | S(-177.99) | 0.80 | 41.7 | |
| FE1 | | 0.73 | 56.42 | 0.59 | -18.4 | 0.4 | V | SE(135.23) | 0.86 | 4.4 | |
| FJ1 | | 4.65 | 154.76 | 1.72 | -107.8 | Hacia 'Z3' | | | | | |
| FE1 | | 4.33 | 56.42 | 0.59 | -108.1 | 0.4 | V | O(-90) | 0.67 | 16.2 | |
| FE3 | | 3.60 | 49.27 | 1.32 | -201.1 | 0.4 | V | S(180) | 0.89 | 52.9 | |
| FE3 | | 3.79 | 49.27 | 1.32 | -211.5 | 0.4 | V | N(0) | 0.87 | 7.9 | |
| TJ2 | | 13.12 | 1.99 | 0.35 | -197.1 | 0.6 | 21 | O(-90.06) | 1.00 | 121.0 | |
| | | | | | -1482.8 | +186.7* | | | | | 330.0 |

Z3

| | | | | | | | | | | |
|----------------------------|--|--------|--------|------|---------|------------|----|------------|------|-------|
| MD2 | | 100.03 | 130.40 | | | | | | | |
| FE2 | | 28.91 | 55.87 | 0.56 | -461.6 | 0.4 | V | S(-178) | 0.57 | 115.0 |
| FE2 | | 9.92 | 55.87 | 0.56 | -158.4 | 0.4 | V | SE(134.88) | 0.61 | 39.5 |
| FE2 | | 26.66 | 55.87 | 0.56 | -425.7 | 0.4 | V | E(90.39) | 0.47 | 61.3 |
| Solera | | 156.85 | 124.68 | 0.63 | -2843.3 | | | | | |
| FJ1 | | 131.44 | 57.20 | 1.28 | 3813.8 | Desde 'Z1' | | | | |
| FJ1 | | 11.58 | 57.20 | 1.28 | 201.2 | Desde 'Z2' | | | | |
| FJ1 | | 2.79 | 52.32 | 0.54 | 20.1 | Desde 'Z2' | | | | |
| Tabique PYL 100/600(70) LM | | 17.86 | 13.38 | 0.47 | 127.6 | Desde 'Z2' | | | | |
| Tabique PYL 100/600(70) LM | | 42.64 | 13.38 | 0.47 | 493.1 | Desde 'Z1' | | | | |
| FJ1 | | 2.37 | 154.76 | | | | | | | |
| FE3 | | 2.54 | 49.27 | 1.32 | -96.3 | 0.4 | V | O(-90.06) | 0.97 | 30.7 |
| FE3 | | 1.37 | 49.27 | 1.32 | -52.0 | 0.4 | V | S(-177.84) | 1.00 | 22.6 |
| FE3 | | 0.80 | 49.27 | 1.32 | -30.4 | 0.4 | V | SE(135) | 1.00 | 12.4 |
| FE3 | | 1.82 | 49.27 | 1.32 | -69.1 | 0.4 | V | E(90.51) | 1.00 | 21.3 |
| FE3 | | 3.43 | 49.27 | 1.32 | -130.3 | 0.4 | V | E(90) | 0.63 | 25.0 |
| FE3 | | 3.51 | 49.27 | 1.32 | -133.3 | 0.4 | V | N(0) | 0.87 | 7.3 |
| FE3 | | 7.89 | 49.27 | 1.32 | -299.9 | 0.4 | V | O(-90) | 1.00 | 98.1 |
| FE3 | | 3.19 | 49.27 | 1.32 | -121.4 | 0.4 | V | E(90.11) | 0.63 | 23.5 |
| FE3 | | 3.69 | 49.27 | 1.32 | -140.3 | 0.4 | V | S(179.99) | 0.89 | 54.3 |
| FE3 | | 7.47 | 49.27 | 1.32 | -283.9 | 0.4 | V | O(-90) | 1.00 | 92.7 |
| FJ1 | | 2.83 | 112.04 | 1.84 | -145.7 | | | | | |
| FJ1 | | 129.32 | 114.21 | 1.72 | 5007.9 | Desde 'Z1' | | | | |
| FJ1 | | 4.65 | 114.21 | 1.72 | 107.8 | Desde 'Z2' | | | | |
| Losa maciza | | 11.68 | 95.87 | 3.02 | -992.9 | 0.6 | H | | 0.16 | 157.4 |
| Losa maciza | | 12.61 | 95.87 | 2.66 | -966.5 | 0.6 | H | | 0.16 | 142.4 |
| FJ1 | | 15.78 | 109.13 | 1.28 | 457.8 | Desde 'Z1' | | | | |
| FJ1 | | 2.37 | 114.21 | | | | | | | |
| FJ1 | | 2.09 | 112.04 | 1.80 | -108.2 | | | | | |
| TJ1 | | 25.41 | 67.81 | 0.75 | -552.5 | 0.6 | 28 | S(-177.84) | 1.00 | 604.4 |



| | Tipo | S (m ²) | c (kJ/ (m ² ·K)) | U (W/ (m ² ·K)) | âQ _{tr} (kWh /año) | a | I. (°) | O. (°) | F _{sh,o} | âQ _{sol} (kWh /año) | |
|-----|---|------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-------------------|------------------------------------|--------|
| TJ1 |  | 17.61 | 67.81 | 0.75 | -382.9 | 0.6 | 25 | SE(135) | 1.00 | 388.9 | |
| TJ1 |  | 103.58 | 67.81 | 0.75 | -2252.3 | 0.6 | 20 | E(90.51) | 1.00 | 1980.4 | |
| TJ1 |  | 34.22 | 67.81 | 0.75 | -744.0 | 0.6 | 21 | O(-90.06) | 1.00 | 665.9 | |
| TJ2 |  | 1.83 | 1.99 | 0.35 | -18.7 | 0.6 | 21 | O(-90.06) | 1.00 | 16.9 | |
| TJ2 |  | 0.89 | 1.99 | 0.35 | -9.1 | 0.6 | 21 | O(-90.06) | 1.00 | 8.2 | |
| TJ1 |  | 33.95 | 67.81 | 0.75 | -738.2 | 0.6 | 21 | O(-90.06) | 1.00 | 660.7 | |
| | | | | | -12157.2 | +10229.3* | | | | | 5228.8 |

donde:

S: Superficie del elemento.

c: Capacidad calorífica por superficie del elemento.

U: Transmitancia térmica del elemento.

Q_{tr}: Calor intercambiado con el ambiente exterior, a través del elemento, a lo largo del año.

*: Calor intercambiado con otras zonas del modelo térmico, a través del elemento, a lo largo del año.

a: Coeficiente de absorción solar (absortividad) de la superficie opaca.

I.: Inclinação de la superficie (elevación).

O.: Orientación de la superficie (azimut respecto al norte).

F_{sh,o}: Valor medio anual del factor de corrección de sombra por obstáculos exteriores.Q_{sol}: Ganancia solar acumulada a lo largo del año.

2.3.2.- Composición constructiva. Elementos constructivos ligeros.

La transmisión de calor al exterior a través de los elementos constructivos ligeros que forman la envolvente térmica de las zonas habitables del edificio (-19.8 kWh/(m²·año)) supone el 32.2% de la transmisión térmica total a través de dicha envolvente (-61.3 kWh/(m²·año)).

| | Tipo | S (m ²) | U _g (W/ (m ² ·K)) | F _F (%) | U _f (W/ (m ² ·K)) | âQ _{tr} (kWh /año) | g _{gl} | a | I. (°) | O. (°) | F _{sh,gl} | F _{sh,o} | âQ _{sol} (kWh /año) |
|---|------|------------------------|---|-----------------------|---|-----------------------------------|-----------------|-----|-----------|------------|--------------------|-------------------|------------------------------------|
| Z1 | | | | | | | | | | | | | |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 | | 2.52 | 3.30 | 0.37 | 2.00 | -361.7 | 0.77 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.35 | 0.87 | 331.2 |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 | | 2.52 | 3.30 | 0.37 | 2.00 | -361.7 | 0.77 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.35 | 0.84 | 320.8 |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 | | 2.52 | 3.30 | 0.37 | 2.00 | -361.7 | 0.77 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.35 | 0.76 | 291.1 |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 | | 2.52 | 3.30 | 0.37 | 2.00 | -361.7 | 0.77 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.35 | 0.74 | 281.3 |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 | | 2.52 | 3.30 | 0.37 | 2.00 | -361.7 | 0.77 | 0.4 | V | SE(135) | 0.30 | 0.78 | 316.3 |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 | | 2.52 | 3.30 | 0.37 | 2.00 | -361.7 | 0.77 | 0.4 | V | S(-178.04) | 0.26 | 0.57 | 206.9 |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 | | 1.44 | 3.30 | 0.51 | 2.00 | -192.9 | 0.77 | 0.4 | V | O(-90) | 0.28 | 0.68 | 101.1 |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 | | 2.52 | 3.30 | 0.37 | 2.00 | -361.7 | 0.77 | 0.4 | V | O(-90) | 0.76 | 0.56 | 470.6 |
| Puerta de entrada a la vivienda, de madera | | 3.35 | | 1.00 | 1.78 | -55.6 | Hacia 'Z2' | | | | | | |
| Puerta de entrada a la vivienda, de madera | | 1.68 | | 1.00 | 1.78 | -72.8 | Hacia 'Z3' | | | | | | |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 | | 2.52 | 3.30 | 0.37 | 2.00 | -361.7 | 0.77 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.35 | 0.90 | 344.6 |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 | | 2.52 | 3.30 | 0.37 | 2.00 | -361.7 | 0.77 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.35 | 0.89 | 340.5 |



| | Tipo | S (m ²) | U _g (W/ (m ² ·K)) | F _F (%) | U _t (W/ (m ² ·K)) | âQ _{tr} (kWh /año) | g _{gl} | a | I. (°) | O. (°) | F _{sh,gl} | F _{sh,o} | âQ _{sol} (kWh /año) |
|---|------|------------------------|---|-----------------------|---|-----------------------------------|-----------------|-----|-----------|------------|--------------------|-------------------|------------------------------------|
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 | | 2.52 | 3.30 | 0.37 | 2.00 | -361.7 | 0.77 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.35 | 0.89 | 337.2 |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 | | 2.52 | 3.30 | 0.37 | 2.00 | -361.7 | 0.77 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.35 | 0.87 | 331.2 |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 | | 2.52 | 3.30 | 0.37 | 2.00 | -361.7 | 0.77 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.35 | 0.85 | 324.4 |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 | | 2.52 | 3.30 | 0.37 | 2.00 | -361.7 | 0.77 | 0.4 | V | SE(135.23) | 0.30 | 0.86 | 350.8 |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 | | 2.52 | 3.30 | 0.37 | 2.00 | -361.7 | 0.77 | 0.4 | V | S(-177.99) | 0.26 | 0.86 | 313.2 |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 | | 1.44 | 3.30 | 0.51 | 2.00 | -192.9 | 0.77 | 0.4 | V | O(-90) | 0.28 | 0.91 | 134.3 |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 | | 1.44 | 3.30 | 0.51 | 2.00 | -192.9 | 0.77 | 0.4 | V | O(-90) | 0.28 | 0.72 | 105.9 |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 | | 2.52 | 3.30 | 0.37 | 2.00 | -361.7 | 0.77 | 0.4 | V | O(-90) | 0.35 | 0.61 | 243.6 |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 | | 2.52 | 3.30 | 0.37 | 2.00 | -361.7 | 0.77 | 0.4 | V | O(-90) | 0.35 | 0.66 | 261.2 |
| Puerta de entrada a la vivienda, de madera | | 3.35 | | 1.00 | 1.78 | -145.6 | Hacia 'Z3' | | | | | | |
| Puerta de entrada a la vivienda, de madera | | 6.70 | | 1.00 | 1.78 | -111.2 | Hacia 'Z2' | | | | | | |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 | | 5.04 | 3.30 | 0.37 | 2.00 | -723.5 | 0.77 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.35 | 0.93 | 707.8 |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 | | 2.52 | 3.30 | 0.37 | 2.00 | -361.7 | 0.77 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.35 | 0.93 | 353.9 |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 | | 2.52 | 3.30 | 0.37 | 2.00 | -361.7 | 0.77 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.35 | 0.93 | 353.9 |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 | | 2.52 | 3.30 | 0.37 | 2.00 | -361.7 | 0.77 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.35 | 0.93 | 353.9 |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 | | 2.52 | 3.30 | 0.37 | 2.00 | -361.7 | 0.77 | 0.4 | V | SE(135.23) | 0.30 | 0.92 | 374.3 |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 | | 2.52 | 3.30 | 0.37 | 2.00 | -361.7 | 0.77 | 0.4 | V | S(-177.99) | 0.26 | 0.89 | 323.4 |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 | | 1.44 | 3.30 | 0.51 | 2.00 | -192.9 | 0.77 | 0.4 | V | O(-90) | 0.28 | 0.86 | 127.4 |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 | | 1.44 | 3.30 | 0.51 | 2.00 | -192.9 | 0.77 | 0.4 | V | O(-90) | 0.28 | 0.81 | 120.1 |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 | | 2.52 | 3.30 | 0.37 | 2.00 | -361.7 | 0.77 | 0.4 | V | O(-90) | 0.35 | 0.78 | 309.7 |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 | | 2.52 | 3.30 | 0.37 | 2.00 | -361.7 | 0.77 | 0.4 | V | O(-90) | 0.35 | 0.83 | 329.9 |
| | | | | | | -10007.9 | -385.2* | | | | | 8760.3 | |

Z2

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|------|------|------|------|--------|------|-----|---|--------|------|------|-------|
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 | | 1.44 | 3.30 | 0.51 | 2.00 | -157.7 | 0.77 | 0.4 | V | O(-90) | 0.61 | 0.59 | 179.8 |
|---|--|------|------|------|------|--------|------|-----|---|--------|------|------|-------|



| | Tipo | S (m ²) | U _g (W/ (m ² ·K)) | F _F (%) | U _t (W/ (m ² ·K)) | Q _{tr} (kWh /año) | g _{gl} | a | I. (°) | O. (°) | F _{sh,gl} | F _{sh,o} | Q _{sol} (kWh /año) |
|---|------|------------------------|---|-----------------------|---|----------------------------------|-----------------|-----|-----------|-----------|--------------------|-------------------|-----------------------------------|
| Puerta de entrada a la vivienda, de madera | | 1.68 | | 1.00 | 1.78 | 27.8 | Desde 'Z1' | | | | | | |
| Puerta de entrada a la vivienda, de madera | | 1.68 | | 1.00 | 1.78 | 27.8 | Desde 'Z1' | | | | | | |
| Puerta de entrada a la vivienda, de madera | | 3.35 | | 1.00 | 1.78 | 55.6 | Desde 'Z1' | | | | | | |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 | | 1.44 | 3.30 | 0.51 | 2.00 | -157.7 | 0.77 | 0.4 | V | O(-90) | 0.61 | 0.65 | 199.0 |
| Puerta de entrada a la vivienda, de madera | | 3.35 | | 1.00 | 1.78 | 55.6 | Desde 'Z1' | | | | | | |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 | | 1.44 | 3.30 | 0.51 | 2.00 | -157.7 | 0.77 | 0.4 | V | O(-90) | 0.61 | 0.78 | 237.4 |
| | | | | | | -473.0 | +166.9* | | | | | | 616.2 |

Z3

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|------|------|------|------|--------|------------|-----|---|------------|------|------|--------|
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 | | 1.96 | 3.30 | 0.29 | 2.20 | -155.4 | 0.77 | 0.4 | V | SE(134.88) | 0.74 | 0.71 | 592.9 |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 | | 1.96 | 3.30 | 0.29 | 2.20 | -155.4 | 0.77 | 0.4 | V | E(90.39) | 0.82 | 0.68 | 521.7 |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 | | 1.96 | 3.30 | 0.29 | 2.20 | -155.4 | 0.77 | 0.4 | V | E(90.39) | 0.82 | 0.65 | 494.9 |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 | | 1.96 | 3.30 | 0.29 | 2.20 | -155.4 | 0.77 | 0.4 | V | E(90.39) | 0.82 | 0.64 | 489.1 |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 | | 3.08 | 3.30 | 0.23 | 2.20 | -248.9 | 0.77 | 0.4 | V | E(90.39) | 0.87 | 0.76 | 1039.4 |
| Puerta de entrada a la vivienda, de madera | | 1.68 | | 1.00 | 1.78 | 72.8 | Desde 'Z1' | | | | | | |
| Puerta de entrada a la vivienda, de madera | | 3.35 | | 1.00 | 1.78 | 145.6 | Desde 'Z1' | | | | | | |
| | | | | | | -870.5 | +218.3* | | | | | | 3137.9 |

donde:

- S: Superficie del elemento.
- U_g: Transmitancia térmica de la parte translúcida.
- F_F: Fracción de parte opaca del elemento ligero.
- U_t: Transmitancia térmica de la parte opaca.
- Q_{tr}: Calor intercambiado con el ambiente exterior, a través del elemento, a lo largo del año.
- *: Calor intercambiado con otras zonas del modelo térmico, a través del elemento, a lo largo del año.
- g_{gl}: Transmitancia total de energía solar de la parte transparente.
- a: Coeficiente de absorción solar (absortividad) de la parte opaca del elemento ligero.
- I.: Inclinación de la superficie (elevación).
- O.: Orientación de la superficie (azimut respecto al norte).
- F_{sh,gl}: Valor medio anual del factor reductor de sombreamiento para dispositivos de sombra móviles.
- F_{sh,o}: Valor medio anual del factor de corrección de sombra por obstáculos exteriores.
- Q_{sol}: Ganancia solar acumulada a lo largo del año.

2.3.3.- Composición constructiva. Puentes térmicos.

La transmisión de calor a través de los puentes térmicos incluidos en la envolvente térmica de las zonas habitables del edificio (-19.9 kWh/(m²·año)) supone el 32.5% de la transmisión térmica total a través de dicha envolvente (-61.3 kWh/(m²·año)).

Tomando como referencia únicamente la transmisión térmica a través de los elementos pesados y puentes térmicos de la envolvente habitable del edificio (-41.5 kWh/(m²·año)), el porcentaje debido a los puentes térmicos es el 47.9%.



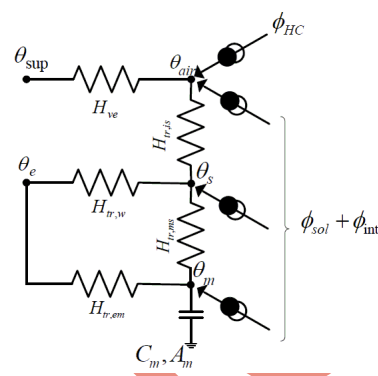
| | Tipo | L (m) | y (W/(m·K)) | $\dot{a}Q_{tr}$ (kWh/año) |
|---|------|----------|----------------|------------------------------|
| Z1 | | | | |
| Contorno de ventana | | 172.80 | 0.698 | -6178.2 |
| Frente de forjado | | 14.58 | 0.296 | -221.1 |
| Frente de forjado | | 28.30 | 0.433 | -627.9 |
| Esquina saliente | | 18.08 | 0.094 | -87.1 |
| Frente de forjado | | 8.76 | 0.307 | -137.8 |
| Frente de forjado | | 9.94 | 0.470 | -239.7 |
| Frente de forjado | | 2.86 | 0.571 | -83.6 |
| Frente de forjado | | 3.95 | 0.498 | -100.6 |
| Frente de forjado | | 28.30 | 0.269 | -389.3 |
| Frente de forjado | | 17.60 | 0.472 | -425.4 |
| Frente de forjado | | 9.94 | 0.293 | -149.4 |
| Forjado inferior en contacto con el aire exterior | | 5.78 | 0.195 | -57.7 |
| Frente de forjado | | 2.86 | 0.165 | -24.2 |
| Frente de forjado | | 3.95 | 0.277 | -56.0 |
| Frente de forjado | | 1.48 | 0.683 | -51.9 |
| Frente de forjado | | 17.60 | 0.295 | -265.7 |
| Contorno de ventana | | 4.80 | 1.000 | -245.9 |
| Frente de forjado | | 2.47 | 0.679 | -85.9 |
| | | | | -9427.4 |
| Z2 | | | | |
| Contorno de ventana | | 14.40 | 0.698 | -425.3 |
| Frente de forjado | | 4.93 | 0.470 | -98.2 |
| Esquina saliente | | 5.17 | 0.094 | -20.5 |
| Forjado inferior en contacto con el aire exterior | | 3.01 | 0.195 | -24.8 |
| Frente de forjado | | 4.93 | 0.293 | -61.2 |
| Frente de forjado | | 2.24 | 0.433 | -41.0 |
| Frente de forjado | | 2.24 | 0.269 | -25.4 |
| Frente de forjado | | 4.47 | 0.378 | -71.4 |
| Frente de forjado | | 4.86 | 0.679 | -139.6 |
| Cubierta plana | | 5.22 | 1.027 | -226.9 |
| | | | | -1134.3 |
| Z3 | | | | |
| Contorno de ventana | | 29.60 | 1.000 | -851.7 |
| | | | | -851.7 |

donde:

- L: Longitud del puente térmico lineal.
- y: Transmitancia térmica lineal del puente térmico.
- n: Número de puentes térmicos puntuales.
- X: Transmitancia térmica puntual del puente térmico.
- Q_{tr} : Calor intercambiado en el puente térmico a lo largo del año.

2.4.- Procedimiento de cálculo de la demanda energética.

El procedimiento de cálculo empleado consiste en la simulación anual de un modelo zonal del edificio con acoplamiento térmico entre zonas, mediante el método completo simplificado en base horaria de tipo dinámico descrito en UNE-EN ISO 13790:2011, cuya implementación ha sido validada mediante los tests descritos en la Norma EN 15265:2007 (Energy performance of buildings - Calculation of energy needs for space heating and cooling using dynamic methods - General criteria and validation procedures). Este procedimiento de cálculo utiliza un modelo equivalente de resistencia-capacitancia (R-C) de tres nodos en base horaria. Este modelo hace una distinción entre la temperatura del aire interior y la temperatura media radiante de las superficies interiores (revestimiento de la zona del edificio), permitiendo su uso en comprobaciones de confort térmico, y aumentando la exactitud de la consideración de las partes radiantes y convectivas de las ganancias solares, luminosas e internas.

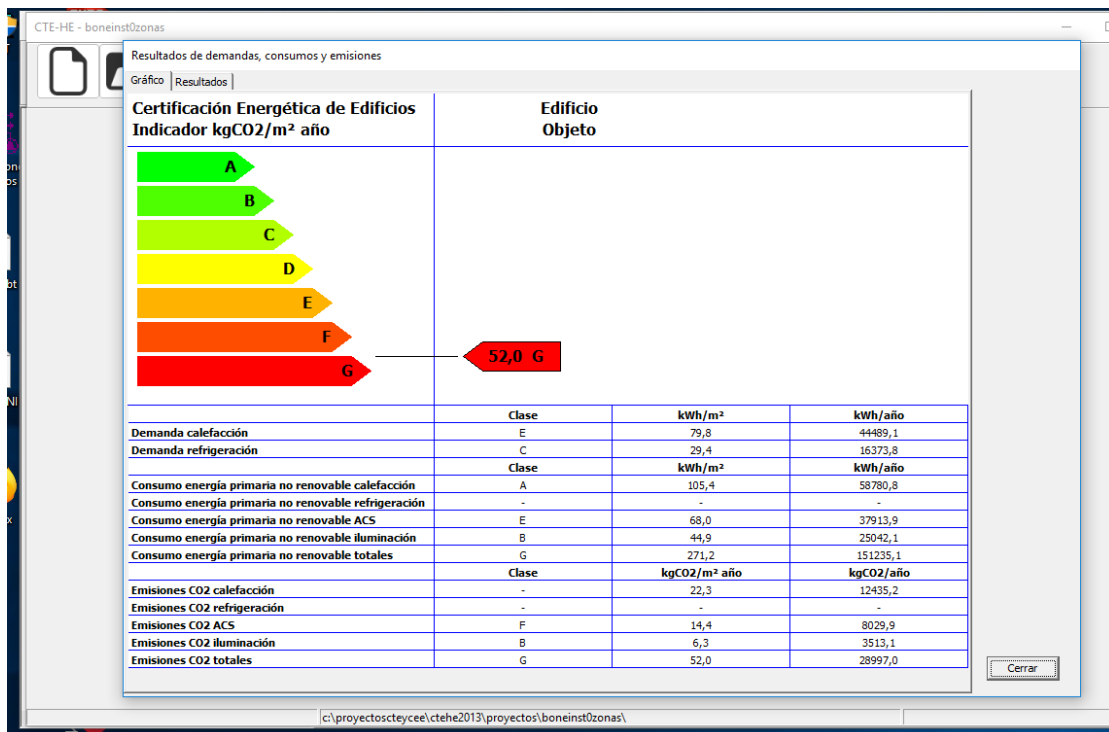
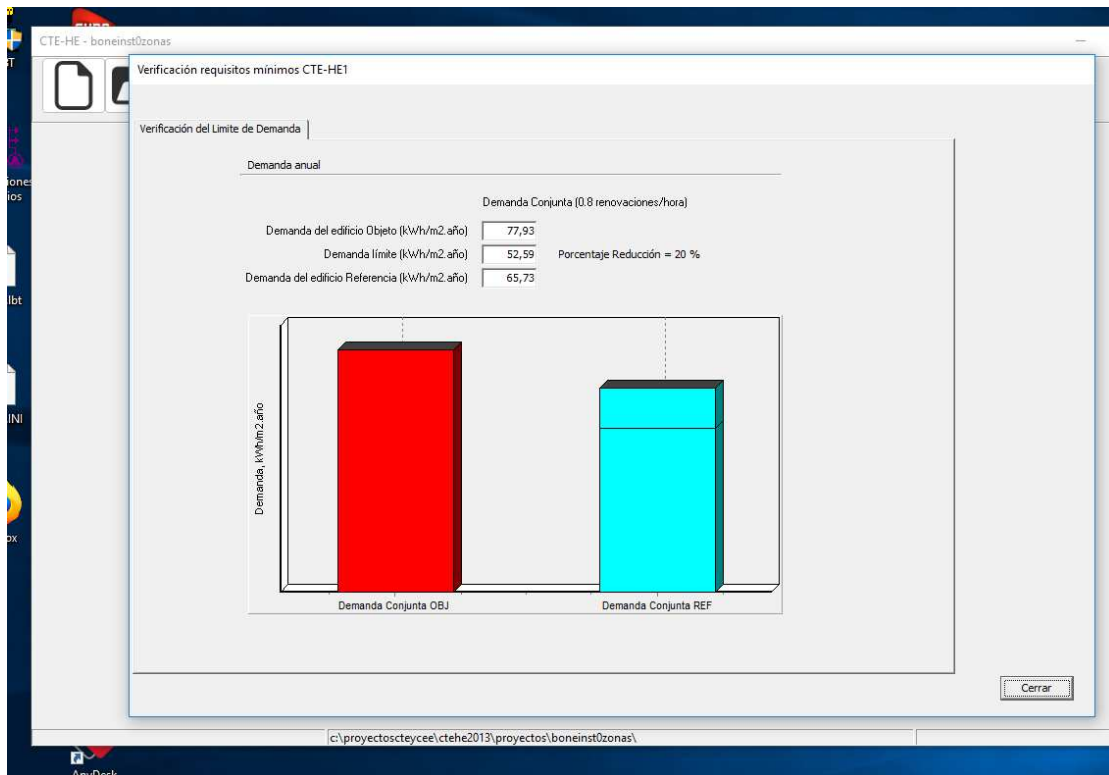


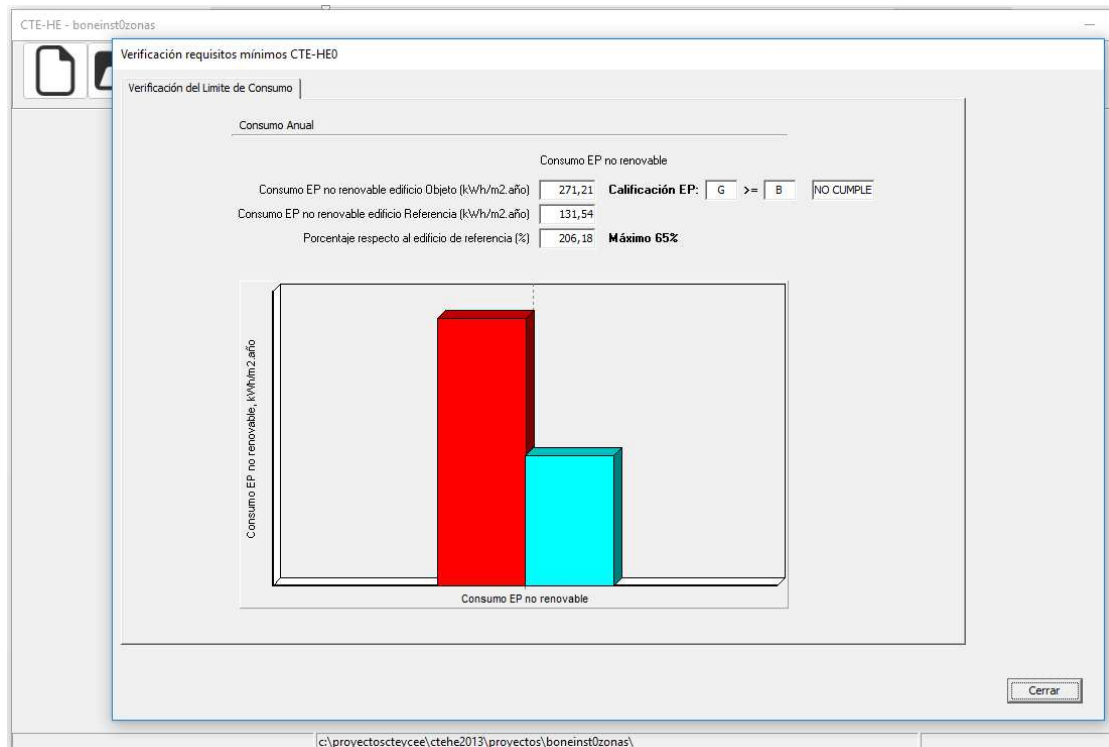
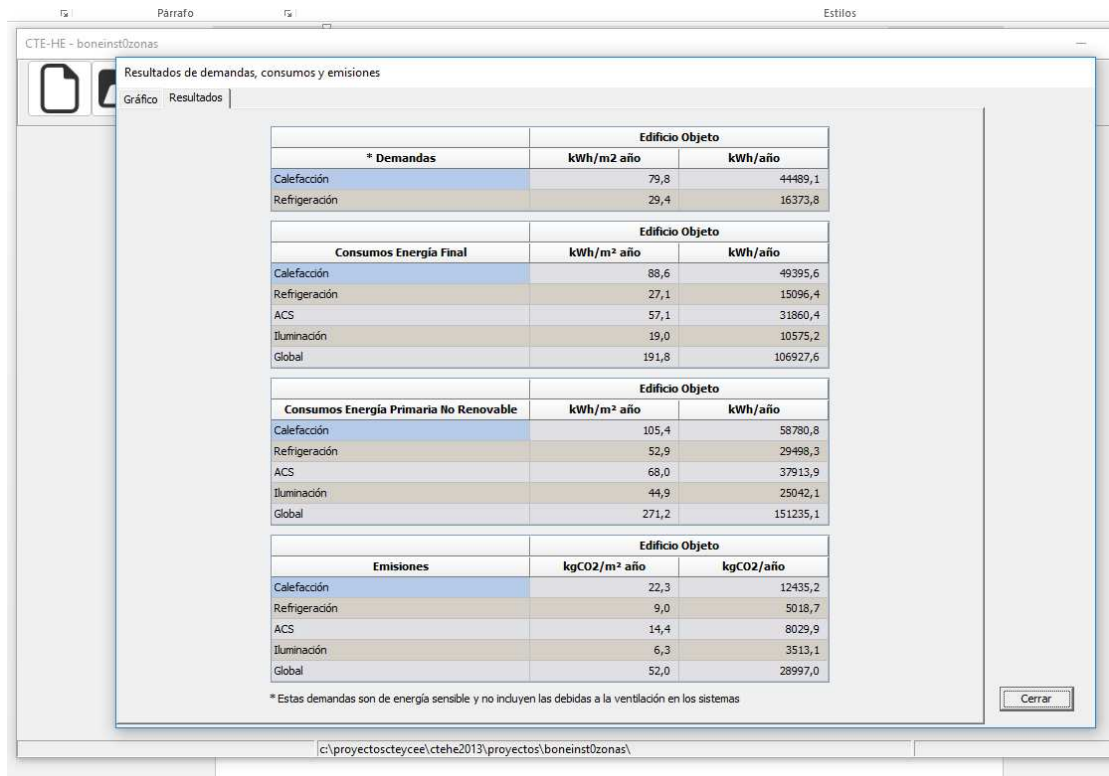
La metodología cumple con los requisitos impuestos en el capítulo 5 de CTE DB HE 1, al considerar los siguientes aspectos:

- el diseño, emplazamiento y orientación del edificio;
- la evolución hora a hora en régimen transitorio de los procesos térmicos;
- el acoplamiento térmico entre zonas adyacentes del edificio a distintas temperaturas;
- las solicitaciones interiores, solicitaciones exteriores y condiciones operacionales especificadas en los apartados 4.1 y 4.2 de CTE DB HE 1, teniendo en cuenta la posibilidad de que los espacios se comporten en oscilación libre;
- las ganancias y pérdidas de energía por conducción a través de la envolvente térmica del edificio, compuesta por los cerramientos opacos, los huecos y los puentes térmicos, con consideración de la inercia térmica de los materiales;
- las ganancias y pérdidas producidas por la radiación solar al atravesar los elementos transparentes o semitransparentes y las relacionadas con el calentamiento de elementos opacos de la envolvente térmica, considerando las propiedades de los elementos, su orientación e inclinación y las sombras propias del edificio u otros obstáculos que puedan bloquear dicha radiación;
- las ganancias y pérdidas de energía producidas por el intercambio de aire con el exterior debido a ventilación e infiltraciones teniendo en cuenta las exigencias de calidad del aire de los distintos espacios y las estrategias de control empleadas.

Permitiendo, además, la obtención separada de la demanda energética de calefacción y de refrigeración del edificio.

GRAFICAS HULC CASO 0







SIMULACIÓN CASO I



1.- RESULTADOS DEL CÁLCULO DE DEMANDA ENERGÉTICA.

1.1.- Porcentaje de ahorro de la demanda energética respecto al edificio de referencia.

$$\%AD = 100 \cdot (D_{G,ref} - D_{G,obj}) / D_{G,ref} = 100 \cdot (74.6 - 52.0) / 74.6 = 30.3 \% \geq \%AD_{exigido} = 20.0 \%$$



donde:

- $\%AD$: Porcentaje de ahorro de la demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración respecto al edificio de referencia.
- $\%AD_{exigido}$: Porcentaje de ahorro mínimo de la demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración respecto al edificio de referencia para edificios de otros usos en zona climática de verano 3 y Media carga de las fuentes internas del edificio, (tabla 2.2, CTE DB HE 1), 20.0 %.
- $D_{G,obj}$: Demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración del edificio objeto, calculada como suma ponderada de las demandas de calefacción y refrigeración, según $D_G = D_c + 0.7 \cdot D_{R_i}$, en territorio peninsular, kWh/(m²·año).
- $D_{G,ref}$: Demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración del edificio de referencia, calculada en las mismas condiciones de cálculo que el edificio objeto, obtenido conforme a las reglas establecidas en el Apéndice D de CTE DB HE 1 y el documento 'Condiciones de aceptación de programas alternativos a LIDER/CALENER'.

1.2.- Resumen del cálculo de la demanda energética.

La siguiente tabla es un resumen de los resultados obtenidos en el cálculo de la demanda energética de calefacción y refrigeración de cada zona habitable, junto a la demanda total del edificio.

| Zonas habitables | S_u (m ²) | Horario de uso, Carga interna | C_{FI} (W/m ²) | $D_{G,obj}$ | | $D_{G,ref}$ | | $\% AD$ |
|------------------|----------------------------|----------------------------------|---------------------------------|----------------|-------------------------------|----------------|-------------------------------|---------|
| | | | | (kWh/ /año) | (kWh/ (m ² ·a)) | (kWh/ /año) | (kWh/ (m ² ·a)) | |
| Z1 | 471.02 | 24 h, Baja | 6.5 | 27575.0 | 58.5 | 39545.4 | 84.0 | 30.3 |
| Z2 | 59.21 | 24 h, Baja | 6.5 | - | - | - | - | - |
| | 530.23 | | 6.5 | 27575.0 | 52.0 | 39545.4 | 74.6 | 30.3 |

donde:

- S_u : Superficie útil de la zona habitable, m².
- C_{FI} : Densidad de las fuentes internas. Supone el promedio horario de la carga térmica total debida a las fuentes internas, repercutida sobre la superficie útil, calculada a partir de las cargas nominales en cada hora para cada carga (carga sensible debida a la ocupación, carga debida a iluminación y carga debida a equipos) a lo largo de una semana tipo. La densidad de las fuentes internas del edificio se obtiene promediando las densidades de cada una de las zonas ponderadas por la fracción de la superficie útil que representa cada espacio en relación a la superficie útil total del edificio. W/m².
- $\%AD$: Porcentaje de ahorro de la demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración respecto al edificio de referencia.
- $D_{G,obj}$: Demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración del edificio objeto, calculada como suma ponderada de las demandas de calefacción y refrigeración, según $D_G = D_c + 0.7 \cdot D_{R_i}$, en territorio peninsular, kWh/(m²·año).
- $D_{G,ref}$: Demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración del edificio de referencia, calculada en las mismas condiciones de cálculo que el edificio objeto, obtenido conforme a las reglas establecidas en el Apéndice D de CTE DB HE 1 y el documento 'Condiciones de aceptación de programas alternativos a LIDER/CALENER'.

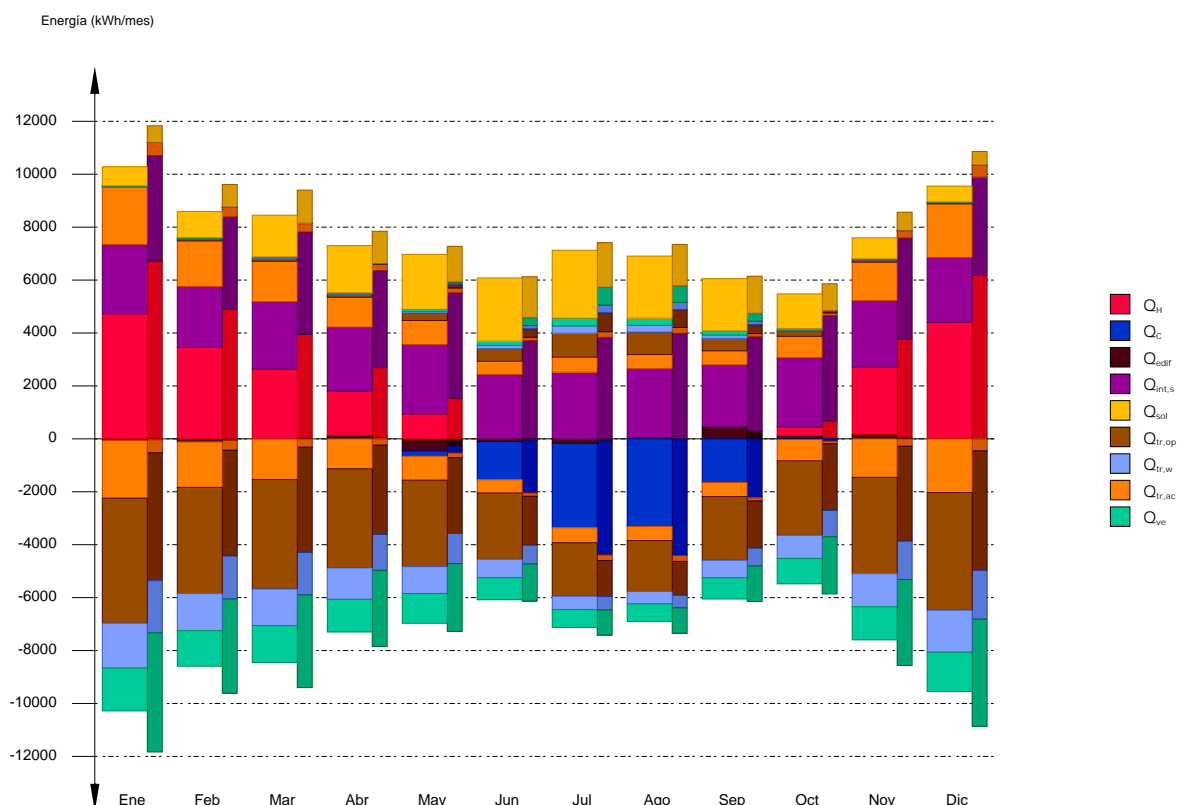
Conforme a la densidad obtenida de las fuentes internas del edificio ($C_{FI,edif} = 6.5 \text{ W/m}^2$), la carga de las fuentes internas del edificio se considera Media, por lo que el porcentaje de ahorro mínimo de la demanda energética conjunta respecto al edificio de referencia es 20.0%, conforme a la tabla 2.2 de CTE DB HE 1.

1.3.- Resultados mensuales.

1.3.1.- Balance energético anual del edificio.

La siguiente gráfica de barras muestra el balance energético del edificio mes a mes, contabilizando la energía perdida o ganada por transmisión térmica al exterior a través de elementos pesados y ligeros ($Q_{tr,op}$ y $Q_{tr,wf}$ respectivamente), la energía involucrada en el acoplamiento térmico entre zonas ($Q_{tr,ac}$), la energía intercambiada por ventilación (Q_{ve}), la ganancia interna sensible neta ($Q_{int,s}$), la ganancia solar neta (Q_{sol}), el calor cedido o almacenado en la masa térmica del edificio (Q_{edif}), y el aporte necesario de calefacción (Q_h) y refrigeración (Q_c).

Han sido realizadas dos simulaciones de demanda energética, correspondientes al edificio objeto de proyecto y al edificio de referencia generado en base a éste, conforme a las reglas establecidas para la definición del edificio de referencia (Apéndice D de CTE DB HE 1 y documento 'Condiciones de aceptación de procedimientos alternativos a LIDER y CALENER'). Con objeto de comparar visualmente el comportamiento de ambas modelizaciones, la gráfica muestra también los resultados del edificio de referencia, mediante barras más estrechas y de color más oscuro, situadas a la derecha de los valores correspondientes al edificio objeto.



En la siguiente tabla se muestran los valores numéricos correspondientes a la gráfica anterior, del balance energético del edificio completo, como suma de las energías involucradas en el balance energético de cada una de las zonas térmicas que conforman el modelo de cálculo del edificio.

El criterio de signos adoptado consiste en emplear valores positivos para energías aportadas a la zona de cálculo, y negativos para la energía extraída.

| | Ene (kWh) | Feb (kWh) | Mar (kWh) | Abr (kWh) | May (kWh) | Jun (kWh) | Jul (kWh) | Ago (kWh) | Sep (kWh) | Oct (kWh) | Nov (kWh) | Dic (kWh) | Año (kWh /año) (kWh/ (m²·a)) | |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|---------------------------------|-------|
| Balance energético anual del edificio. | | | | | | | | | | | | | | |
| $Q_{tr,op}$ | 27.0 -4725.5 | 82.6 -4013.1 | 115.2 -4133.1 | 113.6 -3742.9 | 284.8 -3265.1 | 476.5 -2505.8 | 902.8 -2019.6 | 845.5 -1924.0 | 467.4 -2408.0 | 200.0 -2812.0 | 85.6 -3641.7 | 50.0 -4447.5 | -35987.1 | -67.9 |
| $Q_{tr,w}$ | 1.8 -1693.9 | 5.9 -1400.3 | 12.0 -1385.1 | 12.7 -1189.0 | 57.8 -1015.4 | 122.0 -690.5 | 273.8 -501.3 | 257.7 -468.2 | 129.0 -659.4 | 29.0 -873.7 | 8.1 -1248.0 | 3.5 -1585.4 | -11796.8 | -22.2 |
| $Q_{tr,ac}$ | 2179.5 -2179.5 | 1723.5 -1723.5 | 1528.8 -1528.8 | 1133.4 -1133.4 | 910.7 -910.7 | 503.2 -503.2 | 568.8 -568.8 | 535.5 -535.5 | 533.1 -533.1 | 809.9 -809.9 | 1455.3 -1455.3 | 2029.7 -2029.7 | | |
| Q_{ve} | 10.1 -1618.2 | 31.3 -1345.1 | 40.0 -1395.4 | 38.2 -1234.4 | 78.5 -1128.2 | 161.2 -837.0 | 294.3 -678.1 | 272.9 -671.3 | 151.2 -804.9 | 65.1 -959.9 | 30.8 -1251.9 | 19.0 -1488.9 | -12220.8 | -23.0 |
| $Q_{int,s}$ | 2632.1 -11.6 | 2307.6 -10.2 | 2555.5 -11.3 | 2424.8 -10.7 | 2632.1 -11.6 | 2442.8 -10.8 | 2532.9 -11.2 | 2623.1 -11.6 | 2352.6 -10.4 | 2627.6 -11.6 | 2519.4 -11.1 | 2456.3 -10.8 | 29973.8 | 56.5 |
| Q_{sol} | 724.5 -5.1 | 998.0 -6.9 | 1583.0 -10.7 | 1793.3 -11.9 | 2091.5 -13.6 | 2401.3 -15.6 | 2581.6 -16.8 | 2358.5 -15.4 | 1989.5 -13.2 | 1317.5 -9.1 | 798.4 -5.6 | 600.8 -4.2 | 19109.9 | 36.0 |
| Q_{edif} | -64.4 | -111.8 | -10.4 | 136.4 | -458.1 | -108.2 | -171.2 | 40.6 | 453.7 | 120.4 | 167.9 | 5.0 | | |
| Q_H | 4723.2 | 3461.9 | 2640.2 | 1670.0 | 941.7 | -- | -- | -- | -- | 330.2 | 2548.1 | 4402.1 | 20717.5 | 39.1 |
| Q_C | -- | -- | -- | -- | -194.3 | -1436.0 | -3187.3 | -3307.8 | -1647.6 | -23.5 | -- | -- | -9796.5 | -18.5 |
| Q_{HC} | 4723.2 | 3461.9 | 2640.2 | 1670.0 | 1135.9 | 1436.0 | 3187.3 | 3307.8 | 1647.6 | 353.8 | 2548.1 | 4402.1 | 30513.9 | 57.5 |

donde:

$Q_{tr,op}$: Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos pesados en contacto con el exterior, kWh/(m²·año).

$Q_{tr,w}$: Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos ligeros en contacto con el exterior, kWh/(m²·año).

$Q_{tr,ac}$: Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica debida al acoplamiento térmico entre zonas, kWh/(m²·año).

Q_{ve} : Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica por ventilación, kWh/(m²·año).

$Q_{int,s}$: Transferencia de calor correspondiente a la ganancia de calor interna sensible, kWh/(m²·año).

Q_{sol} : Transferencia de calor correspondiente a la ganancia de calor solar, kWh/(m²·año).



Q_{edif} : Transferencia de calor correspondiente al almacenamiento o cesión de calor por parte de la masa térmica del edificio, kWh/(m²·año).

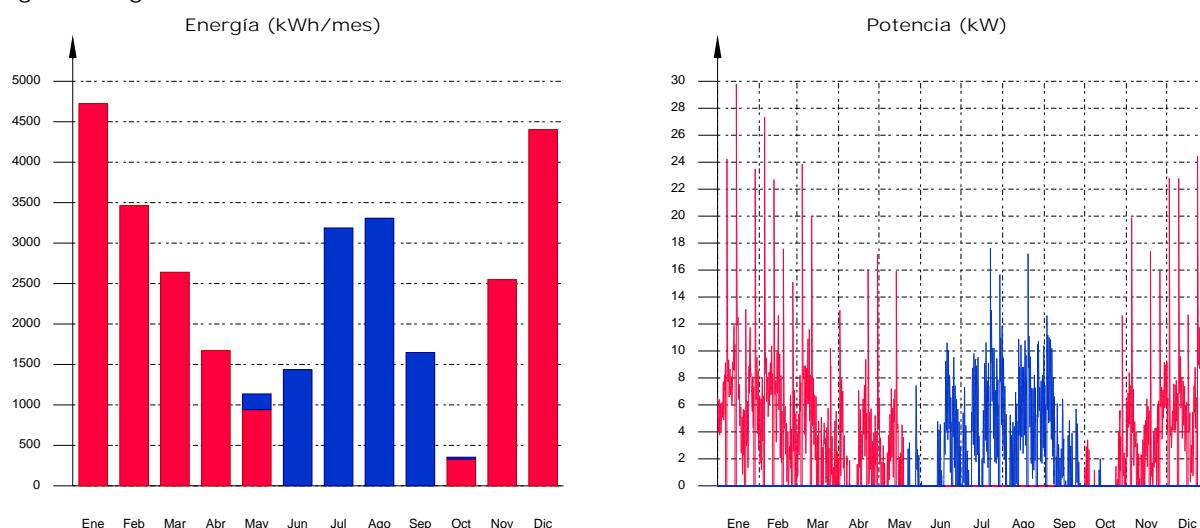
Q_H : Energía aportada de calefacción, kWh/(m²·año).

Q_C : Energía aportada de refrigeración, kWh/(m²·año).

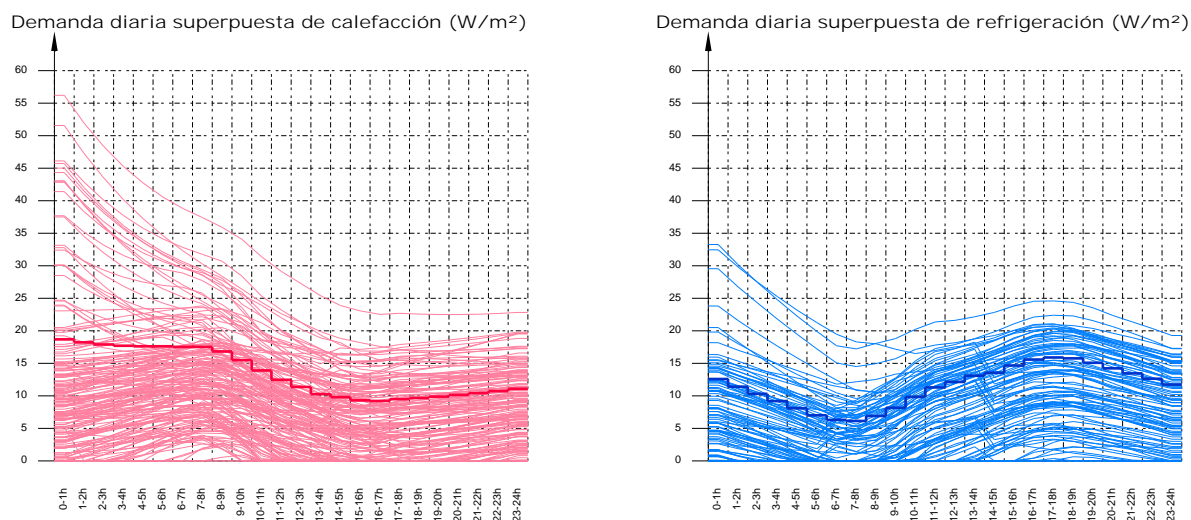
Q_{HC} : Energía aportada de calefacción y refrigeración, kWh/(m²·año).

1.3.2.- Demanda energética mensual de calefacción y refrigeración.

Atendiendo únicamente a la demanda energética a cubrir por los sistemas de calefacción y refrigeración, las necesidades energéticas y de potencia útil instantánea a lo largo de la simulación anual se muestran en los siguientes gráficos:



A continuación, en los gráficos siguientes, se muestran las potencias útiles instantáneas por superficie acondicionada de aporte de calefacción y refrigeración para cada uno de los días de la simulación en los que se necesita aporte energético para mantener las condiciones interiores impuestas, mostrando cada uno de esos días de forma superpuesta en una gráfica diaria en horario legal, junto a una curva típica obtenida mediante la ponderación de la energía aportada por día activo, para cada día de cálculo:



La información gráfica anterior se resume en la siguiente tabla de resultados estadísticos del aporte energético de calefacción y refrigeración:

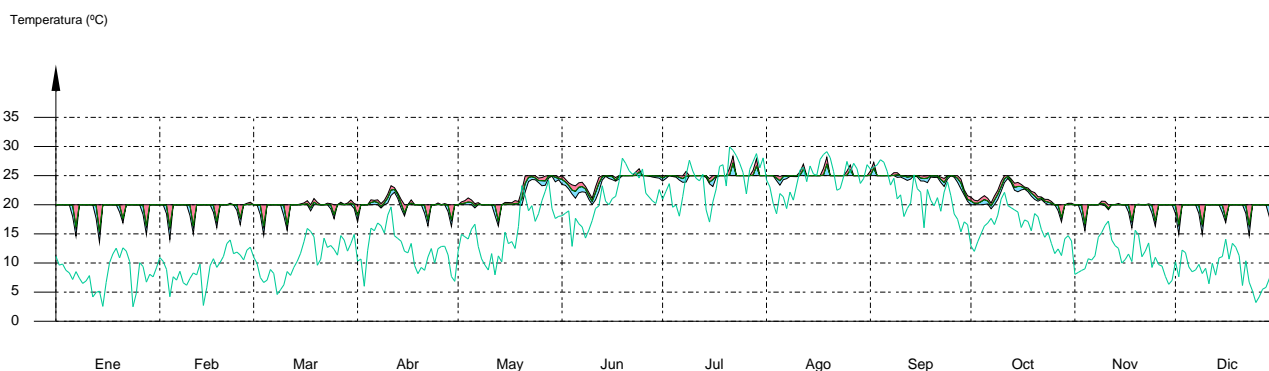
| | Nº activ. | Nº días activos (d) | Nº horas activas (h) | Nº horas por activ. (h) | Potencia típica (W/m ²) | Demanda típica por día activo (kWh/m ²) |
|---------------|-----------|---------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------------------|---|
| Calefacción | 75 | 180 | 3746 | 20 | 10.43 | 0.2171 |
| Refrigeración | 51 | 99 | 1943 | 19 | 9.51 | 0.1866 |



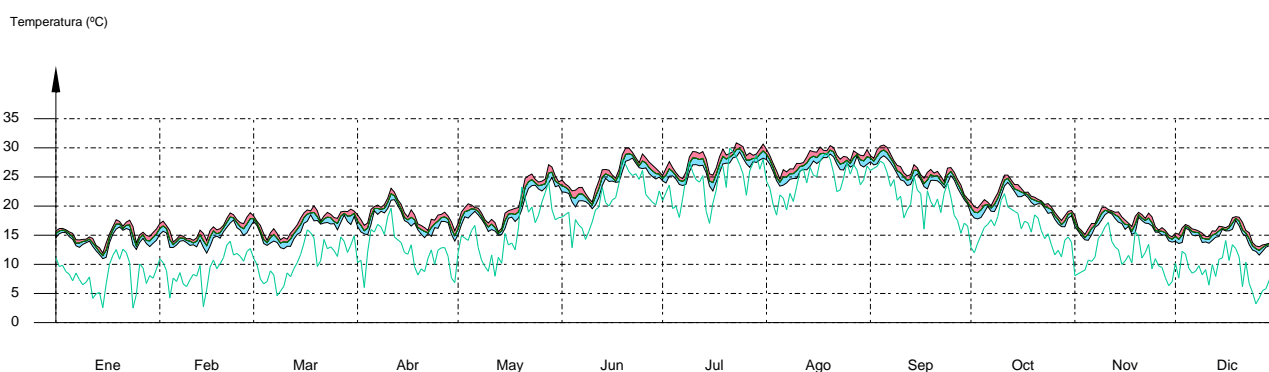
1.3.3.- Evolución de la temperatura.

La evolución de la temperatura interior en las zonas modelizadas del edificio objeto de proyecto se muestra en las siguientes gráficas, que muestran la evolución de las temperaturas mínimas, máximas y medias de cada día, junto a la temperatura exterior media diaria, en cada zona:

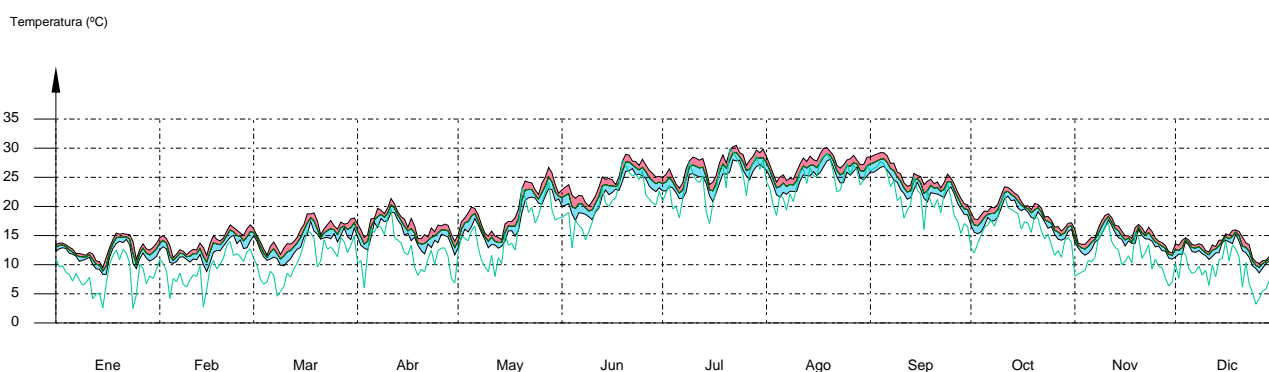
Z1



Z2



Z3



1.3.4.- Resultados numéricos del balance energético por zona y mes.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de transferencia total de calor por transmisión y ventilación, calor interno total y ganancias solares, y energía necesaria para calefacción y refrigeración, de cada una de las zonas de cálculo del edificio.

El criterio de signos adoptado consiste en emplear valores positivos para energías aportadas a la zona de cálculo, y negativos para la energía extraída.

Las ganancias solares e internas muestran los valores de ganancia energética bruta mensual, junto a la



pérdida directa debida al calor que escapa de la zona de cálculo a través de los elementos ligeros, conforme al método de cálculo utilizado.

Se muestra también el calor neto mensual almacenado o cedido por la masa térmica de cada zona de cálculo, de balance anual nulo.

| | Ene (kWh) | Feb (kWh) | Mar (kWh) | Abr (kWh) | May (kWh) | Jun (kWh) | Jul (kWh) | Ago (kWh) | Sep (kWh) | Oct (kWh) | Nov (kWh) | Dic (kWh) | Año (kWh /año) (kWh/ (m²·a)) | |
|---|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------------------|-------|
| Z1 (A _r = 471.02 m²; V = 1197.94 m³; A _{tot} = 2288.02 m²; C _m = 153158.195 kJ/K; A _m = 1317.55 m²) | | | | | | | | | | | | | | |
| Q _{tr,op} | 0.0 -2941.3 | 0.6 -2419.9 | 11.3 -2395.7 | 15.8 -2098.5 | 94.6 -1787.0 | 209.3 -1192.4 | 477.6 -846.3 | 448.8 -785.0 | 221.8 -1138.3 | 43.6 -1534.9 | 6.3 -2150.8 | -- -2748.4 | -20508.6 | -43.5 |
| Q _{tr,w} | -- -1532.7 | 0.1 -1257.6 | 4.5 -1230.3 | 5.6 -1043.1 | 43.0 -884.4 | 101.6 -575.7 | 239.9 -399.2 | 226.5 -368.7 | 110.0 -547.5 | 17.5 -759.1 | 2.4 -1113.6 | -- -1432.2 | -10392.9 | -22.1 |
| Q _{tr,ac} | -- -2130.1 | -- -1681.7 | -- -1487.3 | -- -1097.5 | 11.1 -867.0 | 149.8 -326.9 | 431.9 -112.7 | 432.9 -75.4 | 196.2 -306.5 | 0.3 -769.2 | -- -1410.4 | -- -1982.5 | -11025.0 | -23.4 |
| Q _{ve} | -- -842.3 | 0.0 -662.5 | 1.1 -647.8 | 1.1 -531.9 | 8.7 -482.0 | 57.4 -276.1 | 128.4 -177.7 | 119.5 -178.4 | 56.3 -262.3 | 5.0 -401.7 | 0.3 -603.1 | -- -756.1 | -5444.1 | -11.6 |
| Q _{int,s} | 2338.1 -11.0 | 2049.9 -9.7 | 2270.1 -10.7 | 2154.0 -10.2 | 2338.1 -11.0 | 2170.0 -10.2 | 2250.1 -10.6 | 2330.1 -11.0 | 2089.9 -9.9 | 2334.1 -11.0 | 2238.0 -10.6 | 2182.0 -10.3 | 26618.2 | 56.5 |
| Q _{sol} | 421.5 -4.0 | 555.8 -5.2 | 839.2 -7.9 | 915.7 -8.6 | 1027.3 -9.7 | 1173.9 -11.1 | 1269.0 -12.0 | 1168.9 -11.0 | 1024.6 -9.7 | 729.7 -6.9 | 454.2 -4.3 | 345.4 -3.3 | 9831.4 | 20.9 |
| Q _{edif} | -21.4 | -31.7 | 13.4 | 27.6 | -229.1 | -33.7 | -51.1 | 10.7 | 222.9 | 45.9 | 43.3 | 3.2 | | |
| Q _H | 4723.2 | 3461.9 | 2640.2 | 1670.0 | 941.7 | -- | -- | -- | -- | 330.2 | 2548.1 | 4402.1 | 20717.5 | 44.0 |
| Q _C | -- | -- | -- | -- | -194.3 | -1436.0 | -3187.3 | -3307.8 | -1647.6 | -23.5 | -- | -- | -9796.5 | -20.8 |
| Q _{HC} | 4723.2 | 3461.9 | 2640.2 | 1670.0 | 1135.9 | 1436.0 | 3187.3 | 3307.8 | 1647.6 | 353.8 | 2548.1 | 4402.1 | 30513.9 | 64.8 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|---------|-------|
| Z2 (A _r = 59.21 m ² ; V = 139.83 m ³ ; A _{tot} = 320.61 m ² ; C _m = 18370.010 kJ/K; A _m = 162.92 m ²) | | | | | | | | | | | | | | |
| Q _{tr,op} | 0.5 -302.3 | 3.8 -262.3 | 6.1 -280.0 | 6.6 -262.0 | 19.5 -234.3 | 24.0 -200.5 | 45.7 -178.2 | 39.0 -177.4 | 22.1 -202.9 | 9.6 -219.0 | 3.8 -255.6 | 2.0 -286.7 | -2678.4 | -45.2 |
| Q _{tr,w} | 0.0 -55.1 | 0.4 -47.6 | 0.8 -50.6 | 0.9 -46.8 | 3.0 -41.8 | 3.6 -35.2 | 7.4 -31.0 | 6.2 -30.8 | 3.4 -35.5 | 1.3 -39.0 | 0.5 -46.2 | 0.2 -52.2 | -484.0 | -8.2 |
| Q _{tr,ac} | 256.3 -49.3 | 195.2 -41.8 | 161.7 -41.6 | 107.6 -35.9 | 78.7 -34.9 | 17.9 -75.9 | 3.3 -135.6 | 1.4 -151.9 | 7.7 -89.8 | 40.3 -40.6 | 141.7 -45.0 | 235.9 -47.2 | 458.2 | 7.7 |
| Q _{ve} | 0.0 -178.7 | 1.1 -146.7 | 1.5 -160.6 | 2.0 -144.1 | 3.4 -144.0 | 9.0 -112.3 | 16.5 -99.5 | 12.7 -105.8 | 7.4 -112.8 | 2.6 -131.7 | 1.0 -151.6 | 0.3 -163.8 | -1593.9 | -26.9 |
| Q _{int,s} | 293.9 -0.6 | 257.7 -0.5 | 285.4 -0.6 | 270.8 -0.5 | 293.9 -0.6 | 272.8 -0.5 | 282.9 -0.6 | 292.9 -0.6 | 262.7 -0.5 | 293.4 -0.6 | 281.4 -0.5 | 274.3 -0.5 | 3355.7 | 56.7 |
| Q _{sol} | 43.6 -0.2 | 54.7 -0.2 | 79.2 -0.3 | 84.4 -0.3 | 100.6 -0.4 | 106.4 -0.4 | 112.6 -0.4 | 109.8 -0.4 | 95.2 -0.4 | 74.7 -0.3 | 48.7 -0.2 | 36.1 -0.1 | 942.5 | 15.9 |
| Q _{edif} | -8.3 | -13.8 | -1.2 | 17.5 | -43.2 | -8.9 | -23.0 | 4.8 | 43.4 | 9.2 | 21.9 | 1.6 | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|----------|-------|
| Z3 (A _r = 365.87 m ² ; V = 732.48 m ³ ; A _{tot} = 981.54 m ² ; C _m = 82263.294 kJ/K; A _m = 824.03 m ²) | | | | | | | | | | | | | | |
| Q _{tr,op} | 26.4 -1482.0 | 78.2 -1330.8 | 97.7 -1457.4 | 91.2 -1382.5 | 170.7 -1243.7 | 243.1 -1112.8 | 379.5 -995.1 | 357.7 -961.7 | 223.5 -1066.8 | 146.8 -1058.1 | 75.5 -1235.3 | 48.0 -1412.5 | -12800.1 | -35.0 |
| Q _{tr,w} | 1.8 -106.0 | 5.4 -95.1 | 6.7 -104.2 | 6.2 -99.1 | 11.8 -89.2 | 16.8 -79.6 | 26.5 -71.1 | 25.0 -68.7 | 15.5 -76.3 | 10.2 -75.7 | 5.2 -88.3 | 3.3 -101.0 | -919.9 | -2.5 |
| Q _{tr,ac} | 1923.1 -- | 1528.3 -- | 1367.1 -- | 1025.9 -- | 820.9 -8.9 | 335.5 -100.4 | 133.6 -320.5 | 101.2 -308.2 | 329.3 -136.8 | 769.3 -- | 1313.6 -- | 1793.8 -- | 10566.8 | 28.9 |
| Q _{ve} | 10.0 -597.2 | 30.2 -535.9 | 37.5 -587.0 | 35.1 -558.4 | 66.4 -502.3 | 94.8 -448.7 | 149.4 -400.8 | 140.7 -387.0 | 87.5 -429.8 | 57.4 -426.5 | 29.4 -497.2 | 18.7 -569.0 | -5182.8 | -14.2 |
| Q _{sol} | 259.4 -1.0 | 387.5 -1.4 | 664.6 -2.4 | 793.2 -2.9 | 963.6 -3.5 | 1121.0 -4.1 | 1200.0 -4.4 | 1079.8 -4.0 | 869.7 -3.2 | 513.2 -1.9 | 295.4 -1.1 | 219.3 -0.8 | 8336.0 | 22.8 |
| Q _{edif} | -34.7 | -66.4 | -22.5 | 91.3 | -185.8 | -65.6 | -97.1 | 25.1 | 187.4 | 65.3 | 102.7 | 0.2 | | |

donde:

A_v : Superficie útil de la zona térmica, m².

V : Volumen interior neto de la zona térmica, m³.

A_{tot} : Área de todas las superficies que revisten la zona térmica, m².

C_m : Capacidad calorífica interna de la zona térmica calculada conforme a la Norma ISO 13786:2007 (método detallado), kJ/K.

A_m : Superficie efectiva de masa de la zona térmica, conforme a la Norma ISO 13790:2011, m².



- $Q_{tr,op}$: Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos pesados en contacto con el exterior, kWh/(m²·año).
- $Q_{tr,w}$: Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos ligeros en contacto con el exterior, kWh/(m²·año).
- $Q_{tr,ac}$: Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica debida al acoplamiento térmico entre zonas, kWh/(m²·año).
- Q_{ve} : Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica por ventilación, kWh/(m²·año).
- $Q_{int,s}$: Transferencia de calor correspondiente a la ganancia de calor interna sensible, kWh/(m²·año).
- Q_{sol} : Transferencia de calor correspondiente a la ganancia de calor solar, kWh/(m²·año).
- Q_{edif} : Transferencia de calor correspondiente al almacenamiento o cesión de calor por parte de la masa térmica de la zona, kWh/(m²·año).
- Q_H : Energía aportada de calefacción, kWh/(m²·año).
- Q_C : Energía aportada de refrigeración, kWh/(m²·año).
- Q_{HC} : Energía aportada de calefacción y refrigeración, kWh/(m²·año).

2.- MODELO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO.

2.1.- Zonificación climática

El edificio objeto del proyecto se sitúa en el municipio de Alcañiz (provincia de Teruel), con una altura sobre el nivel del mar de 381 m. Le corresponde, conforme al Apéndice B de CTE DB HE 1, la zona climática C3. La pertenencia a dicha zona climática define las solicitaciones exteriores para el cálculo de demanda energética, mediante la determinación del clima de referencia asociado, publicado en formato informático (fichero MET) por la Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo, del Ministerio de Fomento.

2.2.- Zonificación del edificio, perfil de uso y nivel de acondicionamiento.

2.2.1.- Agrupaciones de recintos.

Se muestra a continuación la caracterización de los espacios que componen cada una de las zonas de cálculo del edificio. Para cada espacio, se muestran su superficie y volumen, junto a sus condiciones operacionales conforme a los perfiles de uso del Apéndice C de CTE DB HE 1, su acondicionamiento térmico, y sus solicitaciones interiores debidas a aportes de energía de ocupantes, equipos e iluminación.

| | S (m ²) | V (m ³) | b _{ve} | ren _h (1/h) | SQ _{ocup,s} (kWh /año) | SQ _{equip} (kWh /año) | SQ _{ilum} (kWh /año) | T ⁺ calef. media (°C) | T ⁺ refrig. media (°C) |
|---|------------------------|------------------------|-----------------|---------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--|---|
| Z1 (Zona habitable, Perfil: Baja, 24 h) | | | | | | | | | |
| R1 | 21.92 | 56.59 | 0.20 | 1.50 | 292.8 | 219.6 | 732.0 | 20.0 | 25.0 |
| R2 | 14.93 | 38.57 | 0.20 | 1.50 | 199.5 | 149.6 | 498.8 | 20.0 | 25.0 |
| R3 | 14.69 | 37.93 | 0.20 | 1.50 | 196.2 | 147.2 | 490.6 | 20.0 | 25.0 |
| R4 | 18.47 | 47.69 | 0.20 | 1.50 | 246.7 | 185.0 | 616.8 | 20.0 | 25.0 |
| R5 | 20.89 | 53.94 | 0.20 | 1.50 | 279.0 | 209.3 | 697.6 | 20.0 | 25.0 |
| R6 | 15.24 | 39.36 | 0.20 | 1.50 | 203.6 | 152.7 | 509.0 | 20.0 | 25.0 |
| R8 | 28.62 | 65.47 | 0.20 | 1.50 | 382.3 | 286.8 | 955.8 | 20.0 | 25.0 |
| R12 | 20.29 | 52.41 | 0.20 | 1.50 | 271.1 | 203.3 | 677.8 | 20.0 | 25.0 |
| R13 | 14.06 | 36.30 | 0.20 | 1.50 | 187.8 | 140.8 | 469.4 | 20.0 | 25.0 |
| R14 | 14.51 | 37.48 | 0.20 | 1.50 | 193.9 | 145.4 | 484.7 | 20.0 | 25.0 |
| R15 | 14.51 | 37.48 | 0.20 | 1.50 | 193.9 | 145.4 | 484.7 | 20.0 | 25.0 |
| R16 | 14.55 | 37.56 | 0.20 | 1.50 | 194.3 | 145.7 | 485.8 | 20.0 | 25.0 |
| R17 | 12.64 | 32.64 | 0.20 | 1.50 | 168.9 | 126.7 | 422.2 | 20.0 | 25.0 |
| R18 | 14.30 | 36.94 | 0.20 | 1.50 | 191.1 | 143.3 | 477.8 | 20.0 | 25.0 |
| R19 | 14.77 | 37.66 | 0.20 | 1.50 | 197.3 | 147.9 | 493.2 | 20.0 | 25.0 |
| R20 | 16.42 | 42.42 | 0.20 | 1.50 | 219.4 | 164.6 | 548.5 | 20.0 | 25.0 |
| R21 | 15.88 | 41.01 | 0.20 | 1.50 | 212.2 | 159.1 | 530.4 | 20.0 | 25.0 |
| R23 | 16.20 | 37.06 | 0.20 | 1.50 | 216.4 | 162.3 | 541.1 | 20.0 | 25.0 |
| R24 | 16.20 | 37.06 | 0.20 | 1.50 | 216.4 | 162.3 | 541.1 | 20.0 | 25.0 |
| R27 | 20.29 | 52.41 | 0.20 | 1.50 | 271.1 | 203.3 | 677.8 | 20.0 | 25.0 |
| R28 | 14.06 | 36.30 | 0.20 | 1.50 | 187.8 | 140.8 | 469.4 | 20.0 | 25.0 |
| R29 | 14.51 | 37.48 | 0.20 | 1.50 | 193.9 | 145.4 | 484.7 | 20.0 | 25.0 |
| R30 | 14.51 | 37.48 | 0.20 | 1.50 | 193.9 | 145.4 | 484.7 | 20.0 | 25.0 |
| R31 | 14.55 | 37.56 | 0.20 | 1.50 | 194.3 | 145.7 | 485.8 | 20.0 | 25.0 |
| R32 | 12.64 | 32.64 | 0.20 | 1.50 | 168.9 | 126.7 | 422.2 | 20.0 | 25.0 |



| | S (m ²) | V (m ³) | b _{ve} | ren _h (1/h) | SQ _{ocup,s} (kWh/año) | SQ _{equip} (kWh/año) | SQ _{ilum} (kWh/año) | T° calef. media (°C) | T° refriger. media (°C) |
|-----|------------------------|------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| R33 | 14.30 | 36.94 | 0.20 | 1.50 | 191.1 | 143.3 | 477.8 | 20.0 | 25.0 |
| R34 | 14.77 | 38.13 | 0.20 | 1.50 | 197.3 | 147.9 | 493.2 | 20.0 | 25.0 |
| R35 | 16.42 | 42.41 | 0.20 | 1.50 | 219.4 | 164.6 | 548.5 | 20.0 | 25.0 |
| R36 | 15.88 | 41.01 | 0.20 | 1.50 | 212.2 | 159.1 | 530.4 | 20.0 | 25.0 |
| | 471.02 | 1197.94 | 0.20 | 1.50/1.147* | 6292.8 | 4719.6 | 15732.0 | 20.0 | 25.0 |

Z2 (Zona habitable, Perfil: Baja, 24 h)

| | | | | | | | | | |
|-----|-------|--------|------|-------------|-------|-------|--------|-----|-----|
| R7 | 11.58 | 29.90 | 1.00 | 1.00 | 154.7 | 116.0 | 386.7 | -- | -- |
| R10 | 3.02 | 7.71 | 1.00 | 1.00 | 40.4 | 30.3 | 101.0 | -- | -- |
| R10 | 4.65 | 12.02 | 1.00 | 1.00 | 62.2 | 46.6 | 155.5 | -- | -- |
| R22 | 11.54 | 29.81 | 1.00 | 1.00 | 154.2 | 115.7 | 385.6 | -- | -- |
| R25 | 4.65 | 12.02 | 1.00 | 1.00 | 62.2 | 46.6 | 155.5 | -- | -- |
| R26 | 11.54 | 29.81 | 1.00 | 1.00 | 154.2 | 115.7 | 385.6 | -- | -- |
| R42 | 12.22 | 18.56 | 1.00 | 1.00 | 163.2 | 122.4 | 408.1 | -- | -- |
| | 59.21 | 139.83 | 1.00 | 1.00/0.764* | 791.1 | 593.3 | 1977.8 | 0.0 | 0.0 |

Z3 (Zona no habitable)

| | | | | | | | | | |
|-----|--------|--------|------|------|-----|-----|-----|------------------|--|
| R40 | 156.85 | 451.81 | 1.00 | 0.80 | -- | -- | -- | Oscilación libre | |
| R9 | 2.35 | 5.98 | 1.00 | 0.80 | -- | -- | -- | | |
| R11 | 2.37 | 6.04 | 1.00 | 0.80 | -- | -- | -- | | |
| R38 | 2.37 | 6.04 | 1.00 | 0.80 | -- | -- | -- | | |
| R41 | 201.94 | 262.60 | 1.00 | 0.80 | -- | -- | -- | | |
| | 365.87 | 732.48 | 1.00 | 0.80 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | | |

donde:

S: Superficie útil interior del recinto, m².V: Volumen interior neto del recinto, m³.b_{ve}: Factor de ajuste de la temperatura de suministro de ventilación. En caso de disponer de una unidad de recuperación de calor, el factor de ajuste de la temperatura de suministro de ventilación para el caudal de aire procedente de la unidad de recuperación es igual a $b_{ve} = (1 - f_{ve,frac} \cdot h_{tru})$, donde h_{tru} es el rendimiento de la unidad de recuperación y $f_{ve,frac}$ es la fracción del caudal de aire total que circula a través del recuperador.ren_h: Número de renovaciones por hora del aire del recinto.

*: Valor medio del número de renovaciones hora del aire de la zona habitable, incluyendo las infiltraciones calculadas.

Q_{ocup,s}: Sumatorio de la carga interna sensible debida a la ocupación del recinto a lo largo del año, conforme al perfil anual asignado y a su superficie, kWh/año.Q_{equip}: Sumatorio de la carga interna debida a los equipos presentes en el recinto a lo largo del año, conforme al perfil anual asignado y a su superficie, kWh/año.Q_{ilum}: Sumatorio de la carga interna debida a la iluminación del recinto a lo largo del año, conforme al perfil anual asignado y a su superficie, kWh/año.

T° calef. media: Valor medio en los intervalos de operación de la temperatura de consigna de calefacción, °C.

T° refriger. media: Valor medio en los intervalos de operación de la temperatura de consigna de refrigeración, °C.

2.2.2.- Perfiles de uso utilizados.

Los perfiles de uso utilizados en el cálculo del edificio, obtenidos del Apéndice C de CTE DB HE 1, son los siguientes:



Distribución horaria

1h 2h 3h 4h 5h 6h 7h 8h 9h 10h 11h 12h 13h 14h 15h 16h 17h 18h 19h 20h 21h 22h 23h 24h

Perfil: Baja, 24 h (uso no residencial)

Temp. Consigna Alta (°C)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Laboral | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| Sábado | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| Festivo | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |

Temp. Consigna Baja (°C)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Laboral | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Sábado | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Festivo | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |

Ocupación sensible (W/m²)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Laboral | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Sábado | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Festivo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Iluminación (%)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Laboral | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Sábado | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Festivo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Equipos (W/m²)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Laboral | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 |
| Sábado | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Festivo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Ventilación (%)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Laboral | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Sábado | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Festivo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

2.3.- Descripción geométrica y constructiva del modelo de cálculo.

2.3.1.- Composición constructiva. Elementos constructivos pesados.

La transmisión de calor al exterior a través de los elementos constructivos pesados que forman la envolvente térmica de las zonas habitables del edificio (-22.4 kWh/(m²·año)) supone el 34.9% de la transmisión térmica total a través de dicha envolvente (-64.2 kWh/(m²·año)).

| | Tipo | S (m²) | c (kJ/ (m²·K)) | U (W/ (m²·K)) | âQ _{tr} (kWh /año) | a | I. (°) | O. (°) | F _{sh,o} | âQ _{sol} (kWh /año) |
|----------------------------|------|-----------|----------------------|---------------------|-----------------------------------|------------|-----------|------------|-------------------|------------------------------------|
| Z1 | | | | | | | | | | |
| MD1 | | 83.64 | 130.40 | | | | | | | |
| FE1 | | 6.32 | 56.42 | 0.59 | -198.2 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.80 | 26.4 |
| Tabique PYL 100/600(70) LM | | 129.40 | 13.38 | 0.47 | -632.2 | Hacia 'Z2' | | | | |
| Tabique PYL 100/600(70) LM | | 42.65 | 13.38 | 0.47 | -502.2 | Hacia 'Z3' | | | | |
| Tabique PYL 100/600(70) LM | | 807.20 | 13.38 | | | | | | | |
| FJ1 | | 131.44 | 109.13 | 1.28 | -3865.2 | Hacia 'Z3' | | | | |
| FJ1 | | 238.44 | 154.76 | | | | | | | |
| FE1 | | 4.78 | 56.42 | 0.59 | -150.0 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.68 | 17.0 |
| FE1 | | 4.46 | 56.42 | 0.59 | -140.1 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.64 | 15.0 |
| FE1 | | 11.99 | 56.42 | 0.59 | -376.2 | 0.4 | V | S(-178.04) | 0.36 | 32.0 |
| FE1 | | 7.24 | 56.42 | 0.59 | -227.2 | 0.4 | V | SE(135) | 0.71 | 35.8 |
| FE1 | | 2.81 | 56.42 | 0.59 | -88.0 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.67 | 9.9 |
| FJ1 | | 1.82 | 154.76 | 1.72 | -31.1 | Hacia 'Z2' | | | | |
| FE1 | | 10.98 | 56.42 | 0.59 | -344.7 | 0.4 | V | O(-90) | 0.81 | 49.4 |
| FE1 | | 8.37 | 56.42 | 0.59 | -262.6 | 0.4 | V | S(-178.04) | 0.37 | 22.6 |
| FE1 | | 6.05 | 56.42 | 0.59 | -189.8 | 0.4 | V | O(-90) | 0.54 | 18.2 |
| FJ1 | | 14.77 | 148.83 | | | | | | | |



| | Tipo | S (m ²) | c (kJ/ (m ² ·K)) | U (W/ (m ² ·K)) | âQ _{tr} (kWh /año) | a | I. (°) | O. (°) | F _{sh,o} | âQ _{sol} (kWh /año) | |
|-----------|------|------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|------------|-----------|------------|-------------------|------------------------------------|--------|
| FE1 | | 7.79 | 56.42 | 0.59 | -244.4 | 0.4 | V | O(-90) | 0.34 | 14.8 | |
| FJ1 | | 44.42 | 57.20 | | | | | | | | |
| FE1 | | 5.38 | 56.42 | 0.59 | -168.7 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.82 | 23.1 | |
| FJ1 | | 238.44 | 114.21 | | | | | | | | |
| FJ1 | | 27.13 | 112.04 | 1.84 | -2521.1 | | | | | | |
| FE1 | | 4.77 | 56.42 | 0.59 | -149.7 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.80 | 20.0 | |
| FE1 | | 4.58 | 56.42 | 0.59 | -143.6 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.78 | 18.6 | |
| FE1 | | 4.59 | 56.42 | 0.59 | -143.9 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.76 | 18.1 | |
| FE1 | | 9.68 | 56.42 | 0.59 | -303.6 | 0.4 | V | SE(135.23) | 0.76 | 50.9 | |
| FE1 | | 2.69 | 56.42 | 0.59 | -84.3 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.78 | 11.0 | |
| FE1 | | 6.07 | 56.42 | 0.59 | -190.3 | 0.4 | V | O(-90) | 0.91 | 30.5 | |
| FE1 | | 10.82 | 56.42 | 0.59 | -339.4 | 0.4 | V | S(-177.99) | 0.84 | 67.3 | |
| FJ2 | | 3.17 | 112.04 | 2.17 | -354.9 | 0.6 | H | | 0.16 | 30.3 | |
| FE1 | | 5.79 | 56.42 | 0.59 | -181.7 | 0.4 | V | O(-90) | 0.86 | 27.8 | |
| FE1 | | 5.84 | 56.42 | 0.59 | -183.4 | 0.4 | V | O(-90) | 0.63 | 20.4 | |
| FJ1 | | 14.77 | 86.51 | | | | | | | | |
| FE1 | | 7.75 | 56.42 | 0.59 | -243.3 | 0.4 | V | O(-90) | 0.42 | 18.2 | |
| FJ1 | | 44.42 | 109.13 | | | | | | | | |
| FJ1 | | 2.79 | 114.21 | 1.72 | -47.8 | Hacia 'Z2' | | | | | |
| FE1 | | 3.73 | 56.42 | 0.59 | -117.2 | 0.4 | V | O(-90) | 0.45 | 9.4 | |
| FJ1 | | 15.78 | 57.20 | 1.28 | -464.0 | Hacia 'Z3' | | | | | |
| FE1 | | 5.38 | 56.42 | 0.59 | -168.7 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.85 | 23.9 | |
| FJ1 | | 129.33 | 154.76 | 1.72 | -5075.5 | Hacia 'Z3' | | | | | |
| FE1 | | 4.77 | 56.42 | 0.59 | -149.7 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.85 | 21.3 | |
| FE1 | | 4.58 | 56.42 | 0.59 | -143.6 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.85 | 20.4 | |
| FE1 | | 4.59 | 56.42 | 0.59 | -143.9 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.85 | 20.5 | |
| FE1 | | 9.68 | 56.42 | 0.59 | -303.6 | 0.4 | V | SE(135.23) | 0.83 | 55.9 | |
| FE1 | | 2.69 | 56.42 | 0.59 | -84.3 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.88 | 12.4 | |
| FE1 | | 6.07 | 56.42 | 0.59 | -190.3 | 0.4 | V | O(-90) | 0.88 | 29.7 | |
| FE1 | | 10.82 | 56.42 | 0.59 | -339.4 | 0.4 | V | S(-177.99) | 0.80 | 64.2 | |
| FE1 | | 5.79 | 56.42 | 0.59 | -181.7 | 0.4 | V | O(-90) | 0.82 | 26.4 | |
| AZ1 (FJ1) | | 3.05 | 148.36 | 0.77 | -125.6 | 0.6 | H | | 0.42 | 26.2 | |
| FE1 | | 5.94 | 56.42 | 0.59 | -186.4 | 0.4 | V | O(-90) | 0.75 | 24.7 | |
| AZ1 (FJ1) | | 6.49 | 148.36 | 0.77 | -267.1 | 0.6 | H | | 0.66 | 88.4 | |
| FE1 | | 7.75 | 56.42 | 0.59 | -243.3 | 0.4 | V | O(-90) | 0.67 | 29.0 | |
| AZ1 (FJ1) | | 9.38 | 148.36 | 0.77 | -386.2 | 0.6 | H | | 0.63 | 120.6 | |
| FE1 | | 3.73 | 56.42 | 0.59 | -117.2 | 0.4 | V | O(-90) | 0.70 | 14.6 | |
| | | | | | -10377.1 | -10618.1* | | | | | 1164.8 |

Z2

| | | | | | | | | | | |
|----------------------------|--|--------|--------|------|--------|------------|---|--------|------|-----|
| FE1 | | 4.33 | 56.42 | 0.59 | -110.6 | 0.4 | V | O(-90) | 0.39 | 9.4 |
| Tabique PYL 100/600(70) LM | | 129.40 | 13.38 | 0.47 | 632.2 | Desde 'Z1' | | | | |
| FJ1 | | 11.58 | 109.13 | 1.28 | -192.2 | Hacia 'Z3' | | | | |
| FJ1 | | 39.13 | 154.76 | | | | | | | |
| MD1 | | 6.29 | 130.40 | | | | | | | |
| Tabique PYL 100/600(70) LM | | 17.86 | 13.38 | 0.47 | -123.1 | Hacia 'Z3' | | | | |
| FJ1 | | 2.79 | 83.81 | 0.54 | -19.2 | Hacia 'Z3' | | | | |









| | Tipo | S (m ²) | c (kJ/ (m ² ·K)) | U (W/ (m ² ·K)) | âQ _{tr} (kWh /año) | a | I. (°) | O. (°) | F _{sh,o} | âQ _{sol} (kWh /año) |
|-----|------|------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|------------|-----------|------------|-------------------|------------------------------------|
| FJ1 | | 2.79 | 154.76 | 1.72 | 47.8 | Desde 'Z1' | | | | |
| FE1 | | 7.04 | 56.42 | 0.59 | -179.8 | 0.4 | V | S(-177.99) | 0.83 | 43.3 |
| FE1 | | 0.73 | 56.42 | 0.59 | -18.8 | 0.4 | V | SE(135.23) | 0.87 | 4.4 |
| FJ1 | | 1.82 | 114.21 | 1.72 | 31.1 | Desde 'Z1' | | | | |
| FJ2 | | 1.78 | 112.04 | 2.17 | -164.7 | 0.6 | H | | 0.16 | 17.0 |
| FE1 | | 4.33 | 56.42 | 0.59 | -110.6 | 0.4 | V | O(-90) | 0.49 | 11.7 |
| FJ1 | | 39.13 | 114.21 | | | | | | | |
| FE1 | | 7.04 | 56.42 | 0.59 | -179.8 | 0.4 | V | S(-177.99) | 0.80 | 41.7 |
| FE1 | | 0.73 | 56.42 | 0.59 | -18.8 | 0.4 | V | SE(135.23) | 0.86 | 4.4 |
| FJ1 | | 4.65 | 154.76 | 1.72 | -103.0 | Hacia 'Z3' | | | | |
| FE1 | | 4.33 | 56.42 | 0.59 | -110.6 | 0.4 | V | O(-90) | 0.67 | 16.2 |
| FE3 | | 3.60 | 49.27 | 1.32 | -205.8 | 0.4 | V | S(180) | 0.89 | 52.9 |
| FE3 | | 3.79 | 49.27 | 1.32 | -216.4 | 0.4 | V | N(0) | 0.87 | 7.9 |
| TJ2 | | 13.12 | 1.99 | 0.35 | -201.7 | 0.6 | 21 | O(-90.06) | 1.00 | 121.0 |
| | | | | | -1517.6 | +273.6* | | | | 330.0 |

Z3

| | | | | | | | | | | |
|----------------------------|--|--------|--------|------|---------|------------|----|------------|------|-------|
| MD2 | | 100.03 | 130.40 | | | | | | | |
| FE2 | | 28.91 | 55.87 | 0.56 | -486.0 | 0.4 | V | S(-178) | 0.57 | 115.0 |
| FE2 | | 9.92 | 55.87 | 0.56 | -166.8 | 0.4 | V | SE(134.88) | 0.61 | 39.5 |
| FE2 | | 26.66 | 55.87 | 0.56 | -448.3 | 0.4 | V | E(90.39) | 0.47 | 61.3 |
| Solera | | 156.85 | 124.68 | 0.63 | -2993.8 | | | | | |
| FJ1 | | 131.44 | 57.20 | 1.28 | 3865.2 | Desde 'Z1' | | | | |
| FJ1 | | 11.58 | 57.20 | 1.28 | 192.2 | Desde 'Z2' | | | | |
| FJ1 | | 2.79 | 52.32 | 0.54 | 19.2 | Desde 'Z2' | | | | |
| Tabique PYL 100/600(70) LM | | 17.86 | 13.38 | 0.47 | 123.1 | Desde 'Z2' | | | | |
| Tabique PYL 100/600(70) LM | | 42.64 | 13.38 | 0.47 | 502.2 | Desde 'Z1' | | | | |
| FJ1 | | 2.37 | 154.76 | | | | | | | |
| FE3 | | 2.54 | 49.27 | 1.32 | -101.4 | 0.4 | V | O(-90.06) | 0.97 | 30.7 |
| FE3 | | 1.37 | 49.27 | 1.32 | -54.8 | 0.4 | V | S(-177.84) | 1.00 | 22.6 |
| FE3 | | 0.80 | 49.27 | 1.32 | -32.0 | 0.4 | V | SE(135) | 1.00 | 12.4 |
| FE3 | | 1.82 | 49.27 | 1.32 | -72.8 | 0.4 | V | E(90.51) | 1.00 | 21.3 |
| FE3 | | 3.43 | 49.27 | 1.32 | -137.2 | 0.4 | V | E(90) | 0.63 | 25.0 |
| FE3 | | 3.51 | 49.27 | 1.32 | -140.4 | 0.4 | V | N(0) | 0.87 | 7.3 |
| FE3 | | 7.89 | 49.27 | 1.32 | -315.7 | 0.4 | V | O(-90) | 1.00 | 98.1 |
| FE3 | | 3.19 | 49.27 | 1.32 | -127.8 | 0.4 | V | E(90.11) | 0.63 | 23.5 |
| FE3 | | 3.69 | 49.27 | 1.32 | -147.8 | 0.4 | V | S(179.99) | 0.89 | 54.3 |
| FE3 | | 7.47 | 49.27 | 1.32 | -298.9 | 0.4 | V | O(-90) | 1.00 | 92.7 |
| FJ1 | | 2.83 | 112.04 | 1.84 | -154.0 | | | | | |
| FJ1 | | 129.32 | 114.21 | 1.72 | 5075.5 | Desde 'Z1' | | | | |
| FJ1 | | 4.65 | 114.21 | 1.72 | 103.0 | Desde 'Z2' | | | | |
| Losa maciza | | 11.68 | 95.87 | 3.02 | -1048.3 | 0.6 | H | | 0.16 | 157.4 |
| Losa maciza | | 12.61 | 95.87 | 2.66 | -1017.3 | 0.6 | H | | 0.16 | 142.4 |
| FJ1 | | 15.78 | 109.13 | 1.28 | 464.0 | Desde 'Z1' | | | | |
| FJ1 | | 2.37 | 114.21 | | | | | | | |
| FJ1 | | 2.09 | 112.04 | 1.80 | -114.0 | | | | | |
| TJ1 | | 25.41 | 67.81 | 0.75 | -581.4 | 0.6 | 28 | S(-177.84) | 1.00 | 604.4 |



| | Tipo | S (m ²) | c (kJ/ (m ² ·K)) | U (W/ (m ² ·K)) | âQ _{tr} (kWh /año) | a | I. (°) | O. (°) | F _{sh,o} | âQ _{sol} (kWh /año) | |
|-----|---|------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-------------------|------------------------------------|--------|
| TJ1 |  | 17.61 | 67.81 | 0.75 | -402.9 | 0.6 | 25 | SE(135) | 1.00 | 388.9 | |
| TJ1 |  | 103.58 | 67.81 | 0.75 | -2369.8 | 0.6 | 20 | E(90.51) | 1.00 | 1980.4 | |
| TJ1 |  | 34.22 | 67.81 | 0.75 | -782.8 | 0.6 | 21 | O(-90.06) | 1.00 | 665.9 | |
| TJ2 |  | 1.83 | 1.99 | 0.35 | -19.7 | 0.6 | 21 | O(-90.06) | 1.00 | 16.9 | |
| TJ2 |  | 0.89 | 1.99 | 0.35 | -9.6 | 0.6 | 21 | O(-90.06) | 1.00 | 8.2 | |
| TJ1 |  | 33.95 | 67.81 | 0.75 | -776.7 | 0.6 | 21 | O(-90.06) | 1.00 | 660.7 | |
| | | | | | -12800.1 | +10344.4* | | | | | 5228.8 |

donde:

S: Superficie del elemento.

c: Capacidad calorífica por superficie del elemento.

U: Transmitancia térmica del elemento.

 Q_{tr} : Calor intercambiado con el ambiente exterior, a través del elemento, a lo largo del año.

*: Calor intercambiado con otras zonas del modelo térmico, a través del elemento, a lo largo del año.

a: Coeficiente de absorción solar (absortividad) de la superficie opaca.

I.: Inclinação de la superficie (elevación).

O.: Orientación de la superficie (azimut respecto al norte).






















F_{sh,o}: Valor medio anual del factor de corrección de sombra por obstáculos exteriores. Q_{sol} : Ganancia solar acumulada a lo largo del año.

2.3.2.- Composición constructiva. Elementos constructivos ligeros.

La transmisión de calor al exterior a través de los elementos constructivos ligeros que forman la envolvente térmica de las zonas habitables del edificio (-20.5 kWh/(m²·año)) supone el 31.9% de la transmisión térmica total a través de dicha envolvente (-64.2 kWh/(m²·año)).

| | Tipo | S (m ²) | U _g (W/ (m ² ·K)) | F _F (%) | U _f (W/ (m ² ·K)) | $\dot{a}Q_{tr}$ (kWh /año) | g _{gl} | a | I. (°) | O. (°) | F _{sh,gl} | F _{sh,o} | $\dot{a}Q_{sol}$ (kWh /año) |
|---|------|------------------------|---|-----------------------|---|----------------------------------|-----------------|-----|-----------|------------|--------------------|-------------------|-----------------------------------|
| Z1 | | | | | | | | | | | | | |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 | | 2.52 | 3.30 | 0.37 | 2.00 | -375.7 | 0.77 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.35 | 0.87 | 331.2 |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 | | 2.52 | 3.30 | 0.37 | 2.00 | -375.7 | 0.77 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.35 | 0.84 | 320.8 |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 | | 2.52 | 3.30 | 0.37 | 2.00 | -375.7 | 0.77 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.35 | 0.76 | 291.1 |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 | | 2.52 | 3.30 | 0.37 | 2.00 | -375.7 | 0.77 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.35 | 0.74 | 281.3 |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 | | 2.52 | 3.30 | 0.37 | 2.00 | -375.7 | 0.77 | 0.4 | V | SE(135) | 0.30 | 0.78 | 316.3 |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 | | 2.52 | 3.30 | 0.37 | 2.00 | -375.7 | 0.77 | 0.4 | V | S(-178.04) | 0.26 | 0.57 | 206.9 |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 | | 1.44 | 3.30 | 0.51 | 2.00 | -200.3 | 0.77 | 0.4 | V | O(-90) | 0.28 | 0.68 | 101.1 |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 | | 2.52 | 3.30 | 0.37 | 2.00 | -375.7 | 0.77 | 0.4 | V | O(-90) | 0.76 | 0.56 | 470.6 |
| Puerta de entrada a la vivienda, de madera | | 3.35 | | 1.00 | 1.78 | -61.5 | Hacia 'Z2' | | | | | | |
| Puerta de entrada a la vivienda, de madera | | 1.68 | | 1.00 | 1.78 | -74.1 | Hacia 'Z3' | | | | | | |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 | | 2.52 | 3.30 | 0.37 | 2.00 | -375.7 | 0.77 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.35 | 0.90 | 344.6 |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 | | 2.52 | 3.30 | 0.37 | 2.00 | -375.7 | 0.77 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.35 | 0.89 | 340.5 |









| | Tipo | S (m ²) | U _g (W/ (m ² ·K)) | F _F (%) | U _t (W/ (m ² ·K)) | âQ _{tr} (kWh /año) | g _{gl} | a | I. (°) | O. (°) | F _{sh,gl} | F _{sh,o} | âQ _{sol} (kWh /año) | |
|---|---|------------------------|---|-----------------------|---|-----------------------------------|-----------------|---------|-----------|------------|--------------------|-------------------|------------------------------------|--------|
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 |  | 2.52 | 3.30 | 0.37 | 2.00 | -375.7 | 0.77 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.35 | 0.89 | 337.2 | |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 |  | 2.52 | 3.30 | 0.37 | 2.00 | -375.7 | 0.77 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.35 | 0.87 | 331.2 | |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 |  | 2.52 | 3.30 | 0.37 | 2.00 | -375.7 | 0.77 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.35 | 0.85 | 324.4 | |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 |  | 2.52 | 3.30 | 0.37 | 2.00 | -375.7 | 0.77 | 0.4 | V | SE(135.23) | 0.30 | 0.86 | 350.8 | |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 |  | 2.52 | 3.30 | 0.37 | 2.00 | -375.7 | 0.77 | 0.4 | V | S(-177.99) | 0.26 | 0.86 | 313.2 | |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 |  | 1.44 | 3.30 | 0.51 | 2.00 | -200.3 | 0.77 | 0.4 | V | O(-90) | 0.28 | 0.91 | 134.3 | |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 |  | 1.44 | 3.30 | 0.51 | 2.00 | -200.3 | 0.77 | 0.4 | V | O(-90) | 0.28 | 0.72 | 105.9 | |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 |  | 2.52 | 3.30 | 0.37 | 2.00 | -375.7 | 0.77 | 0.4 | V | O(-90) | 0.35 | 0.61 | 243.6 | |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 |  | 2.52 | 3.30 | 0.37 | 2.00 | -375.7 | 0.77 | 0.4 | V | O(-90) | 0.35 | 0.66 | 261.2 | |
| Puerta de entrada a la vivienda, de madera |  | 3.35 | | 1.00 | 1.78 | -148.3 | Hacia 'Z3' | | | | | | | |
| Puerta de entrada a la vivienda, de madera |  | 6.70 | | 1.00 | 1.78 | -123.0 | Hacia 'Z2' | | | | | | | |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 |  | 5.04 | 3.30 | 0.37 | 2.00 | -751.3 | 0.77 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.35 | 0.93 | 707.8 | |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 |  | 2.52 | 3.30 | 0.37 | 2.00 | -375.7 | 0.77 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.35 | 0.93 | 353.9 | |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 |  | 2.52 | 3.30 | 0.37 | 2.00 | -375.7 | 0.77 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.35 | 0.93 | 353.9 | |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 |  | 2.52 | 3.30 | 0.37 | 2.00 | -375.7 | 0.77 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.35 | 0.93 | 353.9 | |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 |  | 2.52 | 3.30 | 0.37 | 2.00 | -375.7 | 0.77 | 0.4 | V | SE(135.23) | 0.30 | 0.92 | 374.3 | |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 |  | 2.52 | 3.30 | 0.37 | 2.00 | -375.7 | 0.77 | 0.4 | V | S(-177.99) | 0.26 | 0.89 | 323.4 | |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 |  | 1.44 | 3.30 | 0.51 | 2.00 | -200.3 | 0.77 | 0.4 | V | O(-90) | 0.28 | 0.86 | 127.4 | |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 |  | 1.44 | 3.30 | 0.51 | 2.00 | -200.3 | 0.77 | 0.4 | V | O(-90) | 0.28 | 0.81 | 120.1 | |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 |  | 2.52 | 3.30 | 0.37 | 2.00 | -375.7 | 0.77 | 0.4 | V | O(-90) | 0.35 | 0.78 | 309.7 | |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 |  | 2.52 | 3.30 | 0.37 | 2.00 | -375.7 | 0.77 | 0.4 | V | O(-90) | 0.35 | 0.83 | 329.9 | |
| | | | | | | | -10392.9 | -406.9* | | | | | | 8760.3 |








Z2

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|------|------|------|------|--------|------|-----|---|--------|------|------|-------|
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 | | 1.44 | 3.30 | 0.51 | 2.00 | -161.3 | 0.77 | 0.4 | V | O(-90) | 0.61 | 0.59 | 179.8 |
|---|--|------|------|------|------|--------|------|-----|---|--------|------|------|-------|



| | Tipo | S (m ²) | U _g (W/ (m ² .K)) | F _F (%) | U _t (W/ (m ² .K)) | Q _{tr} (kWh /año) | g _{gl} | a | I. (°) | O. (°) | F _{sh,gl} | F _{sh,o} | Q _{sol} (kWh /año) | |
|---|---|------------------------|---|-----------------------|---|----------------------------------|-----------------|-----|-----------|-----------|--------------------|-------------------|-----------------------------------|-------|
| Puerta de entrada a la vivienda, de madera |  | 1.68 | | 1.00 | 1.78 | 30.8 | Desde 'Z1' | | | | | | | |
| Puerta de entrada a la vivienda, de madera |  | 1.68 | | 1.00 | 1.78 | 30.8 | Desde 'Z1' | | | | | | | |
| Puerta de entrada a la vivienda, de madera |  | 3.35 | | 1.00 | 1.78 | 61.5 | Desde 'Z1' | | | | | | | |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 |  | 1.44 | 3.30 | 0.51 | 2.00 | -161.3 | 0.77 | 0.4 | V | O(-90) | 0.61 | 0.65 | 199.0 | |
| Puerta de entrada a la vivienda, de madera |  | 3.35 | | 1.00 | 1.78 | 61.5 | Desde 'Z1' | | | | | | | |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 |  | 1.44 | 3.30 | 0.51 | 2.00 | -161.3 | 0.77 | 0.4 | V | O(-90) | 0.61 | 0.78 | 237.4 | |
| | | | | | | -484.0 | +184.5* | | | | | | | 616.2 |

Z3

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|------|------|------|------|--------|------------|-----|--------|------------|------|------|--------|
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 |  | 1.96 | 3.30 | 0.29 | 2.20 | -164.2 | 0.77 | 0.4 | V | SE(134.88) | 0.74 | 0.71 | 592.9 |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 |  | 1.96 | 3.30 | 0.29 | 2.20 | -164.2 | 0.77 | 0.4 | V | E(90.39) | 0.82 | 0.68 | 521.7 |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 |  | 1.96 | 3.30 | 0.29 | 2.20 | -164.2 | 0.77 | 0.4 | V | E(90.39) | 0.82 | 0.65 | 494.9 |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 |  | 1.96 | 3.30 | 0.29 | 2.20 | -164.2 | 0.77 | 0.4 | V | E(90.39) | 0.82 | 0.64 | 489.1 |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 |  | 3.08 | 3.30 | 0.23 | 2.20 | -263.0 | 0.77 | 0.4 | V | E(90.39) | 0.87 | 0.76 | 1039.4 |
| Puerta de entrada a la vivienda, de madera |  | 1.68 | | 1.00 | 1.78 | 74.1 | Desde 'Z1' | | | | | | |
| Puerta de entrada a la vivienda, de madera |  | 3.35 | | 1.00 | 1.78 | 148.3 | Desde 'Z1' | | | | | | |
| | | | | | | -919.9 | +222.4* | | 3137.9 | | | | |

donde:

- S: Superficie del elemento.
- U_g: Transmitancia térmica de la parte translúcida.
- F_F: Fracción de parte opaca del elemento ligero.
- U_t: Transmitancia térmica de la parte opaca.
- Q_{tr}: Calor intercambiado con el ambiente exterior, a través del elemento, a lo largo del año.
- *: Calor intercambiado con otras zonas del modelo térmico, a través del elemento, a lo largo del año.
- g_{gl}: Transmitancia total de energía solar de la parte transparente.
- a: Coeficiente de absorción solar (absortividad) de la parte opaca del elemento ligero.
- I.: Inclinación de la superficie (elevación).
- O.: Orientación de la superficie (azimut respecto al norte).
- F_{sh,gl}: Valor medio anual del factor reductor de sombreado para dispositivos de sombra móviles.
- F_{sh,o}: Valor medio anual del factor de corrección de sombra por obstáculos exteriores.
- Q_{sol}: Ganancia solar acumulada a lo largo del año.

2.3.3.- Composición constructiva. Puentes térmicos.

La transmisión de calor a través de los puentes térmicos incluidos en la envolvente térmica de las zonas habitables del edificio (-21.3 kWh/(m²·año)) supone el 33.2% de la transmisión térmica total a través de dicha envolvente (-64.2 kWh/(m²·año)).

Tomando como referencia únicamente la transmisión térmica a través de los elementos pesados y puentes térmicos de la envolvente habitable del edificio (-43.7 kWh/(m²·año)), el porcentaje debido a los puentes térmicos es el 48.7%.



| | Tipo | L (m) | y (W/(m·K)) | \dot{Q}_{tr} (kWh /año) |
|---|------|----------|----------------|---------------------------------|
| Z1 | | | | |
| Contorno de ventana | | 189.00 | 0.698 | -7014.2 |
| Frente de forjado | | 14.58 | 0.296 | -229.5 |
| Frente de forjado | | 28.30 | 0.433 | -651.7 |
| Esquina saliente | | 18.08 | 0.094 | -90.4 |
| Frente de forjado | | 8.76 | 0.307 | -143.1 |
| Frente de forjado | | 9.94 | 0.470 | -248.8 |
| Frente de forjado | | 2.86 | 0.571 | -86.8 |
| Frente de forjado | | 3.95 | 0.498 | -104.5 |
| Frente de forjado | | 28.30 | 0.269 | -404.1 |
| Frente de forjado | | 17.60 | 0.472 | -441.6 |
| Frente de forjado | | 9.94 | 0.293 | -155.1 |
| Forjado inferior en contacto con el aire exterior | | 5.78 | 0.195 | -59.9 |
| Frente de forjado | | 2.86 | 0.165 | -25.1 |
| Frente de forjado | | 3.95 | 0.277 | -58.1 |
| Frente de forjado | | 1.48 | 0.683 | -53.8 |
| Frente de forjado | | 17.60 | 0.295 | -275.8 |
| Frente de forjado | | 2.47 | 0.679 | -89.2 |
| | | | | -10131.5 |

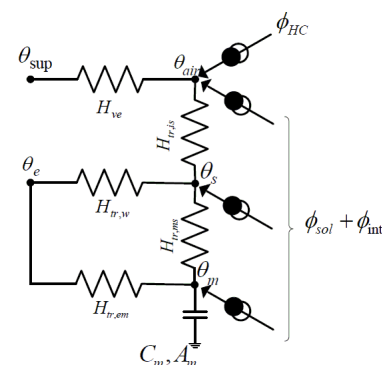
| | | | | |
|---|--|-------|-------|---------|
| Z2 | | | | |
| Contorno de ventana | | 14.40 | 0.698 | -435.2 |
| Frente de forjado | | 4.93 | 0.470 | -100.4 |
| Esquina saliente | | 5.17 | 0.094 | -21.0 |
| Forjado inferior en contacto con el aire exterior | | 3.01 | 0.195 | -25.4 |
| Frente de forjado | | 4.93 | 0.293 | -62.6 |
| Frente de forjado | | 2.24 | 0.433 | -41.9 |
| Frente de forjado | | 2.24 | 0.269 | -26.0 |
| Frente de forjado | | 4.47 | 0.378 | -73.1 |
| Frente de forjado | | 4.86 | 0.679 | -142.8 |
| Cubierta plana | | 5.22 | 1.027 | -232.2 |
| | | | | -1160.8 |

donde:

- L: Longitud del puente térmico lineal.
- y: Transmitancia térmica lineal del puente térmico.
- n: Número de puentes térmicos puntuales.
- X: Transmitancia térmica puntual del puente térmico.
- Q_{tr} : Calor intercambiado en el puente térmico a lo largo del año.

2.4.- Procedimiento de cálculo de la demanda energética.

El procedimiento de cálculo empleado consiste en la simulación anual de un modelo zonal del edificio con acoplamiento térmico entre zonas, mediante el método completo simplificado en base horaria de tipo dinámico descrito en UNE-EN ISO 13790:2011, cuya implementación ha sido validada mediante los tests descritos en la Norma EN 15265:2007 (Energy performance of buildings - Calculation of energy needs for space heating and cooling using dynamic methods - General criteria and validation procedures). Este procedimiento de cálculo utiliza un modelo equivalente de resistencia-capacitancia (R-C) de tres nodos en base horaria. Este modelo hace una distinción entre la temperatura del aire interior y la temperatura media radiante de las superficies interiores (revestimiento de la zona del edificio), permitiendo su uso en comprobaciones de confort térmico, y aumentando la exactitud de la consideración de las partes radiantes y convectivas de las ganancias solares, luminosas e internas.



La metodología cumple con los requisitos impuestos en el capítulo 5 de CTE DB HE 1, al considerar los siguientes aspectos:

- el diseño, emplazamiento y orientación del edificio;
- la evolución hora a hora en régimen transitorio de los procesos térmicos;
- el acoplamiento térmico entre zonas adyacentes del edificio a distintas temperaturas;
- las solicitaciones interiores, solicitaciones exteriores y condiciones operacionales especificadas en los apartados 4.1 y 4.2 de CTE DB HE 1, teniendo en cuenta la posibilidad de que los espacios se comporten en oscilación libre;
- las ganancias y pérdidas de energía por conducción a través de la envolvente térmica del edificio, compuesta por los cerramientos opacos, los huecos y los puentes térmicos, con consideración de la inercia térmica de los materiales;
- las ganancias y pérdidas producidas por la radiación solar al atravesar los elementos transparentes o semitransparentes y las relacionadas con el calentamiento de elementos opacos de la envolvente térmica, considerando las propiedades de los elementos, su orientación e inclinación y las sombras propias del edificio u otros obstáculos que puedan bloquear dicha radiación;
- las ganancias y pérdidas de energía producidas por el intercambio de aire con el exterior debido a ventilación e infiltraciones teniendo en cuenta las exigencias de calidad del aire de los distintos espacios y las estrategias de control empleadas.

Permitiendo, además, la obtención separada de la demanda energética de calefacción y de refrigeración del edificio.

ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

| | | | |
|----------------|----|-----|--------------------------------|
| Zona climática | C3 | Uso | CertificaciónVerificaciónNuevo |
|----------------|----|-----|--------------------------------|

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

| INDICADOR GLOBAL | | INDICADORES PARCIALES | | | |
|---|-------------------------------|---|---|---|---|
| <div><div><21.95 A</div><div>21.95-35.6 B</div><div>35.67-54.87 C</div><div>54.87-71.33 D</div><div>71.33-87.80 E</div><div>87.80-109.74 F</div><div>=>109.74 G</div></div> | <div><div>24,96 B</div></div> | CALEFACCIÓN | | ACS | |
| | | Emisiones calefacción (kgCO ₂ /m ² año) | B | Emisiones ACS (kgCO ₂ /m ² año) | A |
| | | 13,88 | | 2,40 | |
| | | REFRIGERACIÓN | | ILUMINACIÓN | |
| | | Emisiones globales (kgCO ₂ /m ² año) ¹ | | Emisiones refrigeración (kgCO ₂ /m ² año) | A |
| 2,39 | 6,28 | | | | |

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

| | kgCO ₂ /m ² .año | kgCO ₂ /año |
|--|--|------------------------|
| Emisiones CO ₂ por consumo eléctrico | 14,37 | 8015,80 |
| Emisiones CO ₂ por combustibles fósiles | 28,65 | 15975,25 |

2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

| INDICADOR GLOBAL | | INDICADORES PARCIALES | | | |
|--|--------------------------------|---|---|---|---|
| <div><div><121.97 A</div><div>121.97-198 B</div><div>198.19-304. C</div><div>304.91-396.3 D</div><div>396.39-487.86 E</div><div>487.86-609.83 F</div><div>=>609.83 G</div></div> | <div><div>155,18 B</div></div> | CALEFACCIÓN | | ACS | |
| | | Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m²año) | B | Energía primaria no renovable ACS (kWh/m²año) | A |
| | | 81,95 | | 14,19 | |
| | | REFRIGERACIÓN | | ILUMINACIÓN | |
| | | Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m²año) | A | Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m²año) | B |
| 14,13 | 44,91 | | | | |
| Consumo global de energía primaria no renovable (kWh/m²año) ¹ | | | | | |

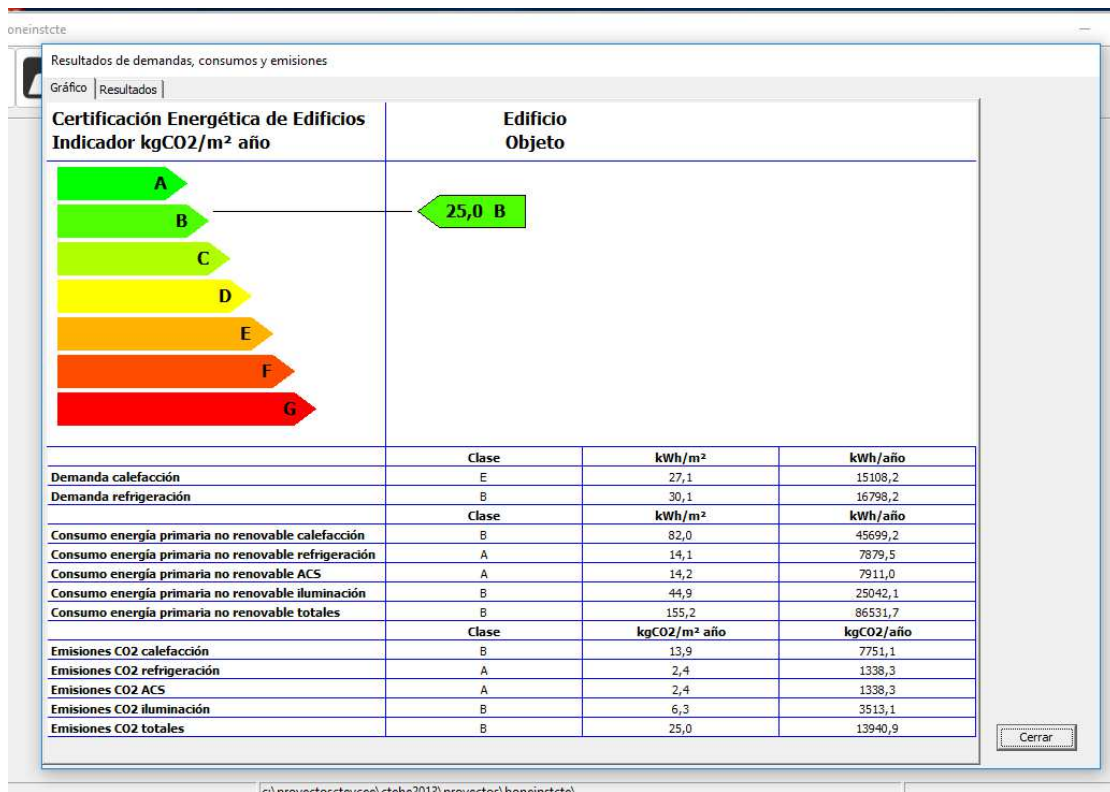
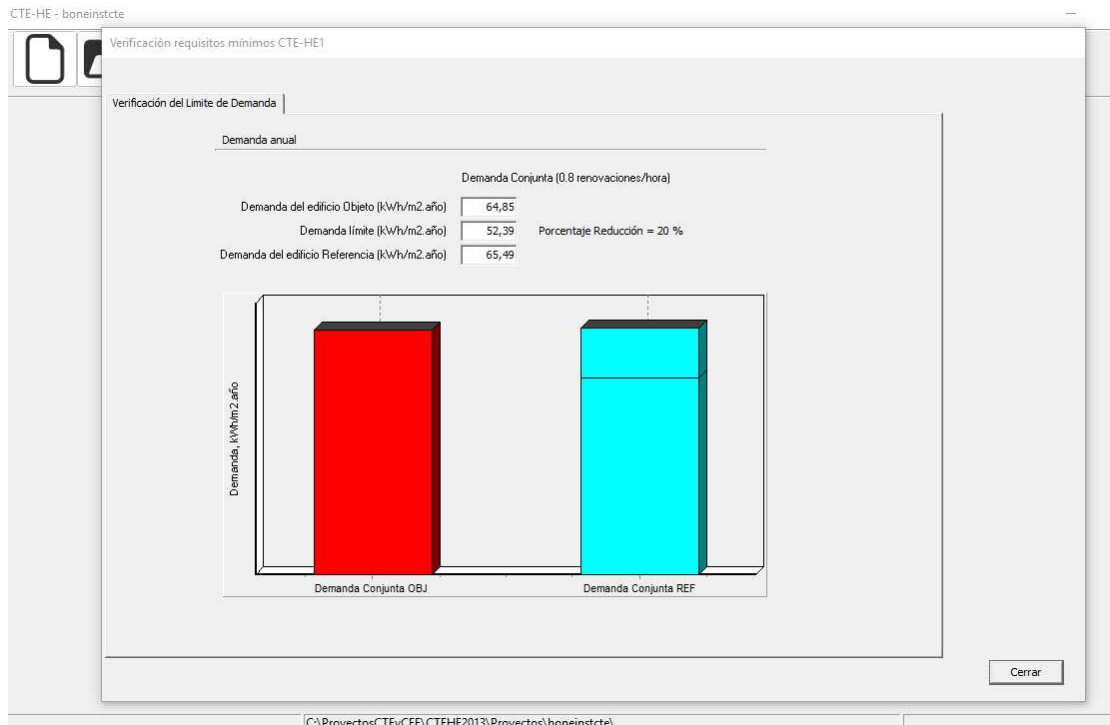
3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

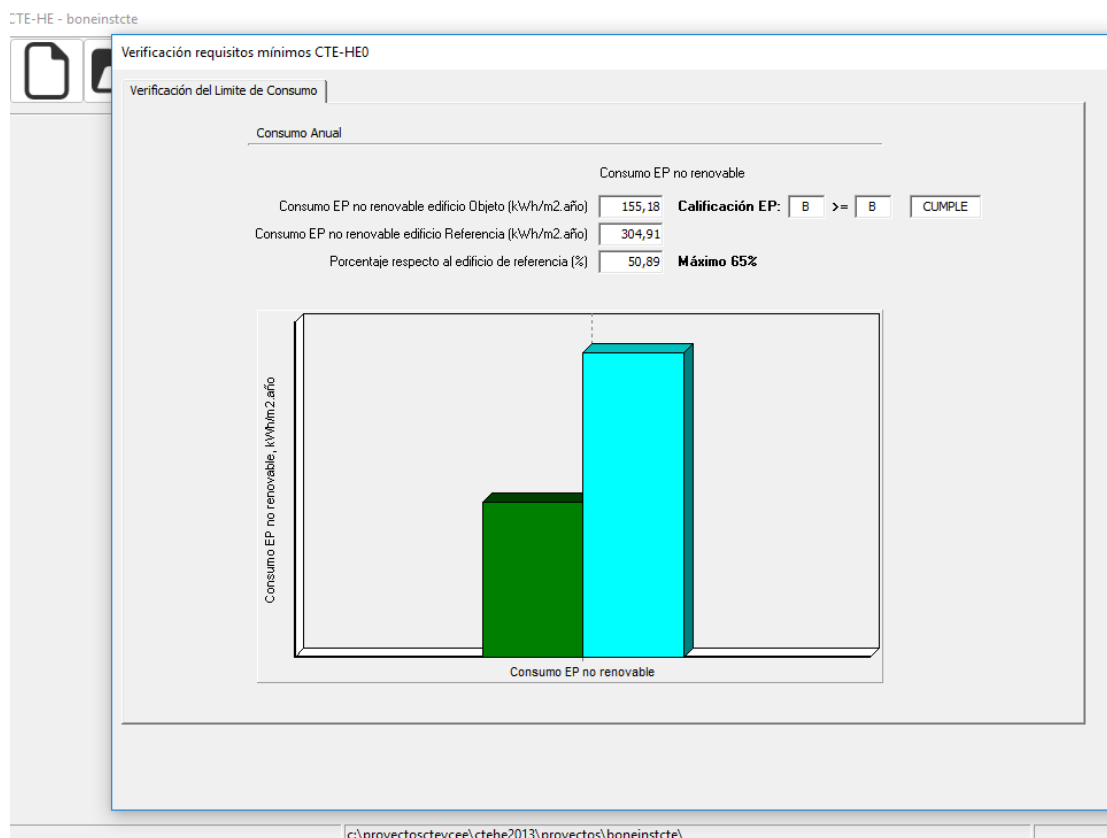
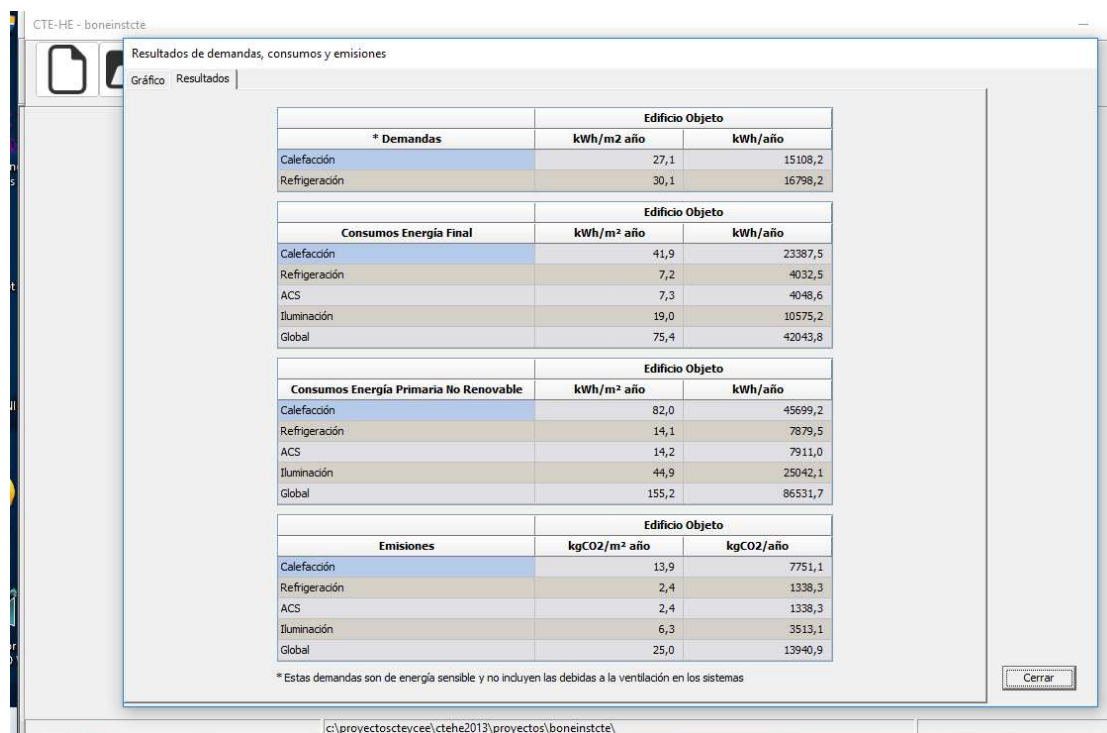
La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

| DEMANDA DE CALEFACCIÓN | | DEMANDA DE REFRIGERACIÓN | |
|--|-------------------------------|---|-------------------------------|
| <div><div><7.08 A</div><div>7.08-11.50 B</div><div>11.50-17.70 C</div><div>17.70-23.01 D</div><div>23.01-28.32 E</div><div>28.32-35.40 F</div><div>=>35.40 G</div></div> | <div><div>27,09 E</div></div> | <div><div><20.42 A</div><div>20.42-33.1 B</div><div>33.18-51.05 C</div><div>51.05-66.37 D</div><div>66.37-81.69 E</div><div>81.69-102.11 F</div><div>=>102.11 G</div></div> | <div><div>30,12 B</div></div> |
| Demanda de calefacción (kWh/m²año) | | Demanda de refrigeración (kWh/m²año) | |

¹El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales.

GRAFICAS HULC CASO I







SIMULACIÓN CASO II



1.- RESULTADOS DEL CÁLCULO DE DEMANDA ENERGÉTICA.

1.1.- Porcentaje de ahorro de la demanda energética respecto al edificio de referencia.

$$\%AD = 100 \cdot (D_{G,ref} - D_{G,obj}) / D_{G,ref} = 100 \cdot (72.7 - 18.7) / 72.7 = 74.3 \% \geq \%AD_{exigido} = 20.0 \%$$



donde:

- $\%AD$: Porcentaje de ahorro de la demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración respecto al edificio de referencia.
- $\%AD_{exigido}$: Porcentaje de ahorro mínimo de la demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración respecto al edificio de referencia para edificios de otros usos en zona climática de verano 3 y Media carga de las fuentes internas del edificio, (tabla 2.2, CTE DB HE 1), 20.0 %.
- $D_{G,obj}$: Demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración del edificio objeto, calculada como suma ponderada de las demandas de calefacción y refrigeración, según $D_G = D_c + 0.7 \cdot D_{R_i}$, en territorio peninsular, kWh/(m²·año).
- $D_{G,ref}$: Demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración del edificio de referencia, calculada en las mismas condiciones de cálculo que el edificio objeto, obtenido conforme a las reglas establecidas en el Apéndice D de CTE DB HE 1 y el documento 'Condiciones de aceptación de programas alternativos a LIDER/CALENER'.

1.2.- Resumen del cálculo de la demanda energética.

La siguiente tabla es un resumen de los resultados obtenidos en el cálculo de la demanda energética de calefacción y refrigeración de cada zona habitable, junto a la demanda total del edificio.

| Zonas habitables | S_u (m ²) | Horario de uso, Carga interna | C_{FI} (W/m ²) | $D_{G,obj}$ (kWh /año) | $D_{G,obj}$ (kWh/ m ² ·a) | $D_{G,ref}$ (kWh /año) | $D_{G,ref}$ (kWh/ m ² ·a) | $\%AD$ |
|------------------|----------------------------|----------------------------------|---------------------------------|------------------------------|--|------------------------------|--|--------|
| Z1 | 470.76 | 24 h, Baja | 6.5 | 9887.5 | 21.0 | 38512.7 | 81.8 | 74.3 |
| Z2 | 59.14 | 24 h, Baja | 6.5 | - | - | - | - | - |
| | 529.90 | | 6.5 | 9887.5 | 18.7 | 38512.7 | 72.7 | 74.3 |

donde:

- S_u : Superficie útil de la zona habitable, m².
- C_{FI} : Densidad de las fuentes internas. Supone el promedio horario de la carga térmica total debida a las fuentes internas, repercutida sobre la superficie útil, calculada a partir de las cargas nominales en cada hora para cada carga (carga sensible debida a la ocupación, carga debida a iluminación y carga debida a equipos) a lo largo de una semana tipo. La densidad de las fuentes internas del edificio se obtiene promediando las densidades de cada una de las zonas ponderadas por la fracción de la superficie útil que representa cada espacio en relación a la superficie útil total del edificio. W/m².
- $\%AD$: Porcentaje de ahorro de la demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración respecto al edificio de referencia.
- $D_{G,obj}$: Demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración del edificio objeto, calculada como suma ponderada de las demandas de calefacción y refrigeración, según $D_G = D_c + 0.7 \cdot D_{R_i}$, en territorio peninsular, kWh/(m²·año).
- $D_{G,ref}$: Demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración del edificio de referencia, calculada en las mismas condiciones de cálculo que el edificio objeto, obtenido conforme a las reglas establecidas en el Apéndice D de CTE DB HE 1 y el documento 'Condiciones de aceptación de programas alternativos a LIDER/CALENER'.

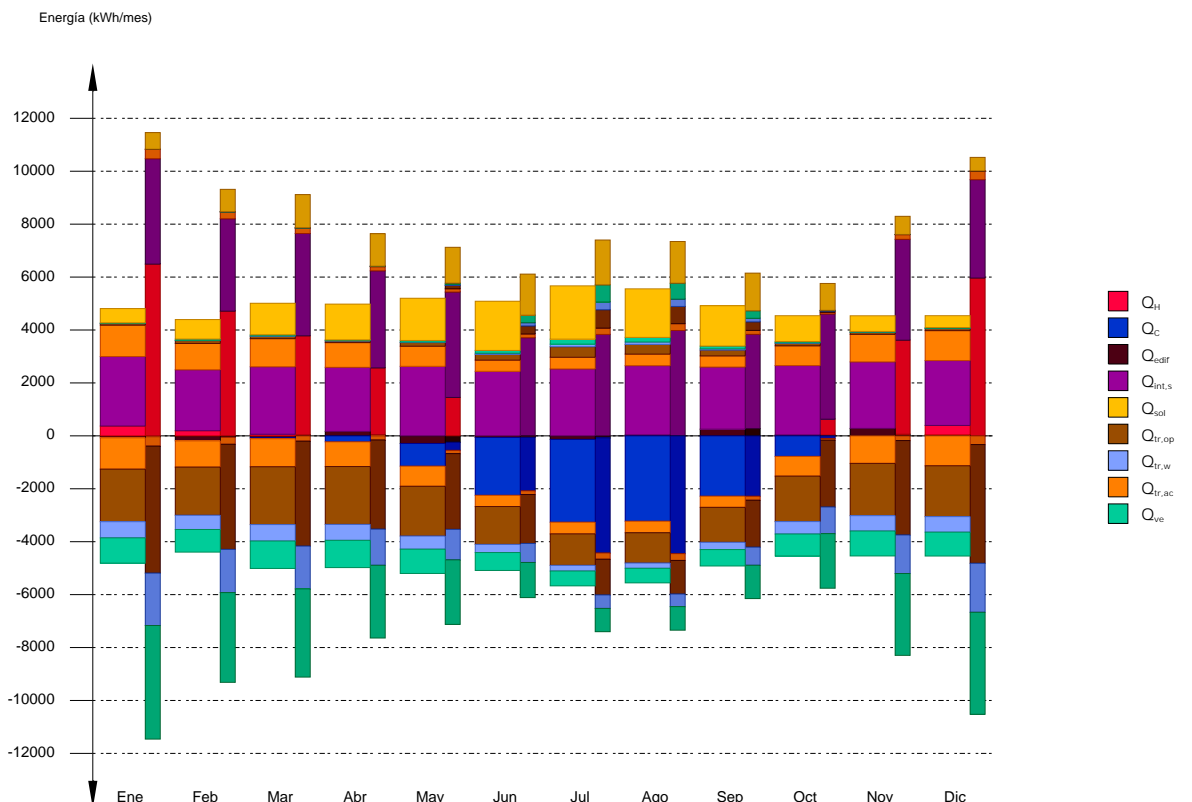
Conforme a la densidad obtenida de las fuentes internas del edificio ($C_{FI,edif} = 6.5 \text{ W/m}^2$), la carga de las fuentes internas del edificio se considera Media, por lo que el porcentaje de ahorro mínimo de la demanda energética conjunta respecto al edificio de referencia es 20.0%, conforme a la tabla 2.2 de CTE DB HE 1.

1.3.- Resultados mensuales.

1.3.1.- Balance energético anual del edificio.

La siguiente gráfica de barras muestra el balance energético del edificio mes a mes, contabilizando la energía perdida o ganada por transmisión térmica al exterior a través de elementos pesados y ligeros ($Q_{tr,op}$ y $Q_{tr,wf}$ respectivamente), la energía involucrada en el acoplamiento térmico entre zonas ($Q_{tr,ac}$), la energía intercambiada por ventilación (Q_{ve}), la ganancia interna sensible neta ($Q_{int,s}$), la ganancia solar neta (Q_{sol}), el calor cedido o almacenado en la masa térmica del edificio (Q_{edif}), y el aporte necesario de calefacción (Q_h) y refrigeración (Q_c).

Han sido realizadas dos simulaciones de demanda energética, correspondientes al edificio objeto de proyecto y al edificio de referencia generado en base a éste, conforme a las reglas establecidas para la definición del edificio de referencia (Apéndice D de CTE DB HE 1 y documento 'Condiciones de aceptación de procedimientos alternativos a LIDER y CALENER'). Con objeto de comparar visualmente el comportamiento de ambas modelizaciones, la gráfica muestra también los resultados del edificio de referencia, mediante barras más estrechas y de color más oscuro, situadas a la derecha de los valores correspondientes al edificio objeto.



En la siguiente tabla se muestran los valores numéricos correspondientes a la gráfica anterior, del balance energético del edificio completo, como suma de las energías involucradas en el balance energético de cada una de las zonas térmicas que conforman el modelo de cálculo del edificio.

El criterio de signos adoptado consiste en emplear valores positivos para energías aportadas a la zona de cálculo, y negativos para la energía extraída.

| | Ene (kWh) | Feb (kWh) | Mar (kWh) | Abr (kWh) | May (kWh) | Jun (kWh) | Jul (kWh) | Ago (kWh) | Sep (kWh) | Oct (kWh) | Nov (kWh) | Dic (kWh) | Año (kWh /año) (kWh/ (m².a)) | |
|--|-------------------|------------------|-------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|---------------------------------|-------|
| Balance energético anual del edificio. | | | | | | | | | | | | | | |
| $Q_{tr,op}$ | 57.3 -1984.4 | 107.6 -1819.6 | 96.5 -2184.1 | 66.8 -2186.7 | 137.8 -1879.7 | 217.9 -1431.3 | 397.7 -1188.6 | 367.1 -1143.2 | 219.8 -1320.8 | 103.1 -1717.2 | 70.6 -1974.8 | 75.6 -1920.9 | -18833.6 | -35.5 |
| $Q_{tr,w}$ | 4.7 -612.0 | 9.0 -537.0 | 8.0 -621.7 | 5.6 -602.2 | 17.5 -497.2 | 41.2 -307.6 | 97.0 -213.8 | 90.7 -199.4 | 46.2 -274.4 | 9.3 -469.2 | 5.9 -580.8 | 6.3 -587.4 | -5161.3 | -9.7 |
| $Q_{tr,ac}$ | 1186.0 -1186.0 | 993.9 -993.9 | 1061.9 -1061.9 | 935.3 -935.3 | 760.6 -760.6 | 423.7 -423.7 | 442.3 -442.3 | 436.7 -436.7 | 421.4 -421.4 | 746.5 -746.5 | 1040.9 -1040.9 | 1131.6 -1131.6 | | |
| Q_{ve} | 26.0 -954.2 | 49.4 -855.8 | 43.8 -1036.0 | 30.8 -1029.8 | 61.8 -917.0 | 107.5 -677.2 | 189.0 -560.7 | 173.7 -550.7 | 104.4 -620.4 | 48.7 -831.5 | 32.5 -942.0 | 34.9 -902.0 | -8974.8 | -16.9 |
| $Q_{int,s}$ | 2630.4 -3.4 | 2306.1 -3.0 | 2553.9 -3.3 | 2423.2 -3.2 | 2630.4 -3.4 | 2441.2 -3.2 | 2531.3 -3.3 | 2621.4 -3.4 | 2351.2 -3.1 | 2625.9 -3.4 | 2517.8 -3.3 | 2454.8 -3.2 | 30048.5 | 56.7 |
| Q_{sol} | 539.5 -1.7 | 739.5 -2.4 | 1193.1 -3.8 | 1355.9 -4.4 | 1600.4 -5.2 | 1864.8 -6.1 | 2021.3 -6.6 | 1841.3 -6.0 | 1530.8 -5.0 | 979.8 -3.1 | 595.0 -1.9 | 450.0 -1.4 | 14663.8 | 27.7 |
| Q_{edif} | -73.1 | -187.9 | -60.6 | 168.5 | -288.7 | -62.7 | -135.4 | 34.6 | 252.1 | 34.0 | 281.0 | 38.1 | | |
| Q_H | 371.0 | 194.1 | 60.7 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | 355.2 | 981.0 | 1.9 |
| Q_C | -- | -- | -46.2 | -224.7 | -856.9 | -2184.6 | -3128.0 | -3226.0 | -2280.9 | -776.3 | -- | -- | -12723.6 | -24.0 |
| Q_{HC} | 371.0 | 194.1 | 106.9 | 224.7 | 856.9 | 2184.6 | 3128.0 | 3226.0 | 2280.9 | 776.3 | -- | 355.2 | 13704.5 | 25.9 |

donde:

$Q_{tr,op}$: Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos pesados en contacto con el exterior, kWh/(m²·año).

$Q_{tr,w}$: Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos ligeros en contacto con el exterior, kWh/(m²·año).

$Q_{tr,ac}$: Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica debida al acoplamiento térmico entre zonas, kWh/(m²·año).

Q_{ve} : Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica por ventilación, kWh/(m²·año).

$Q_{int,s}$: Transferencia de calor correspondiente a la ganancia de calor interna sensible, kWh/(m²·año).

Q_{sol} : Transferencia de calor correspondiente a la ganancia de calor solar, kWh/(m²·año).



Q_{edif} : Transferencia de calor correspondiente al almacenamiento o cesión de calor por parte de la masa térmica del edificio, kWh/(m²·año).

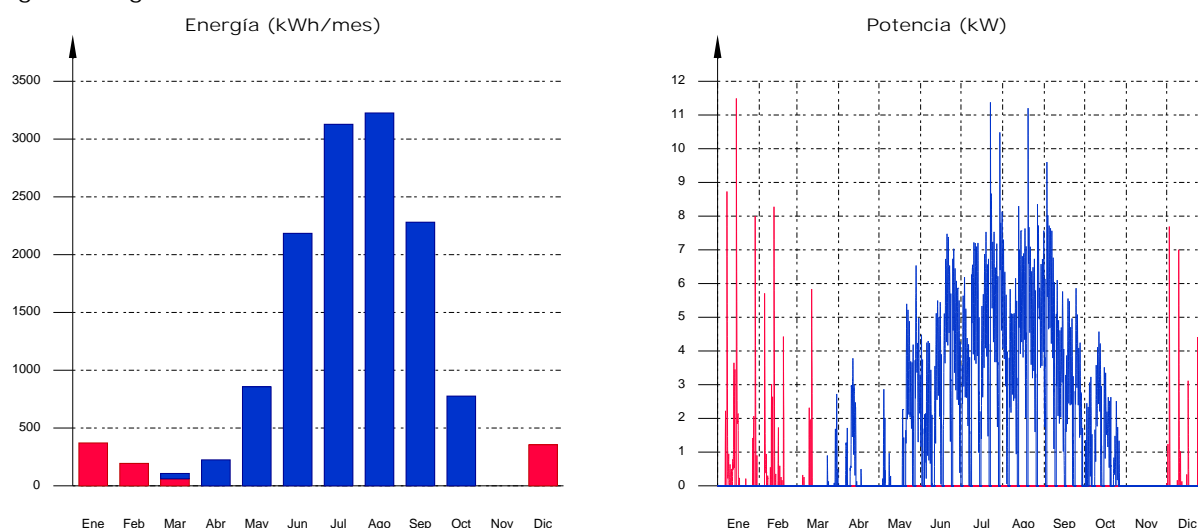
Q_H : Energía aportada de calefacción, kWh/(m²·año).

Q_C : Energía aportada de refrigeración, kWh/(m²·año).

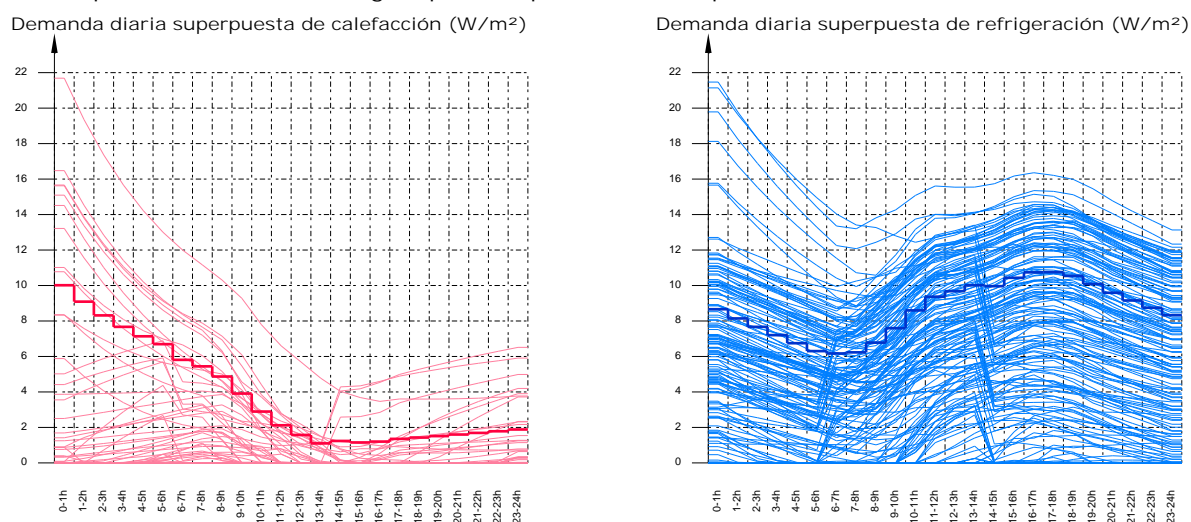
Q_{HC} : Energía aportada de calefacción y refrigeración, kWh/(m²·año).

1.3.2.- Demanda energética mensual de calefacción y refrigeración.

Atendiendo únicamente a la demanda energética a cubrir por los sistemas de calefacción y refrigeración, las necesidades energéticas y de potencia útil instantánea a lo largo de la simulación anual se muestran en los siguientes gráficos:



A continuación, en los gráficos siguientes, se muestran las potencias útiles instantáneas por superficie acondicionada de aporte de calefacción y refrigeración para cada uno de los días de la simulación en los que se necesita aporte energético para mantener las condiciones interiores impuestas, mostrando cada uno de esos días de forma superpuesta en una gráfica diaria en horario legal, junto a una curva típica obtenida mediante la ponderación de la energía aportada por día activo, para cada día de cálculo:



La información gráfica anterior se resume en la siguiente tabla de resultados estadísticos del aporte energético de calefacción y refrigeración:

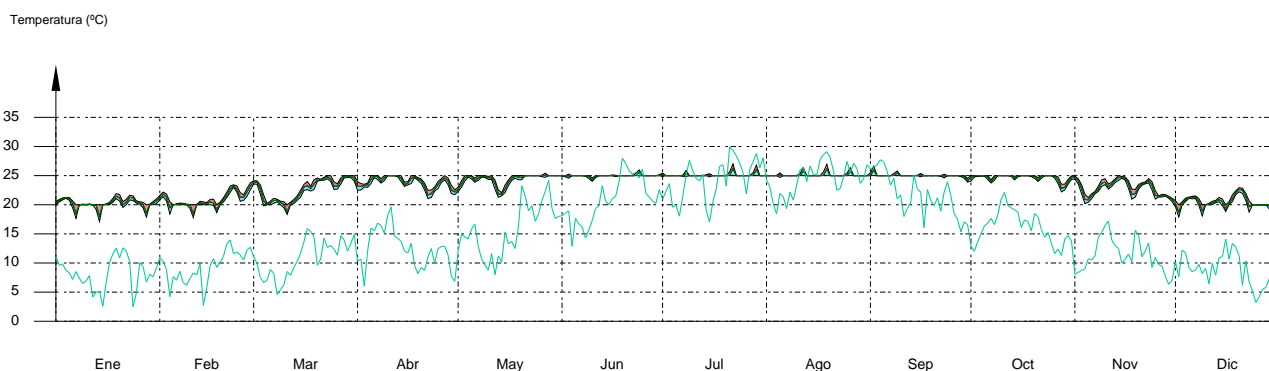
| | Nº activ. | Nº días activos (d) | Nº horas activas (h) | Nº horas por activ. (h) | Potencia típica (W/m ²) | Demanda típica por día activo (kWh/m ²) |
|---------------|-----------|---------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------------------|---|
| Calefacción | 44 | 47 | 602 | 12 | 3.08 | 0.0394 |
| Refrigeración | 59 | 162 | 3381 | 20 | 7.10 | 0.1482 |



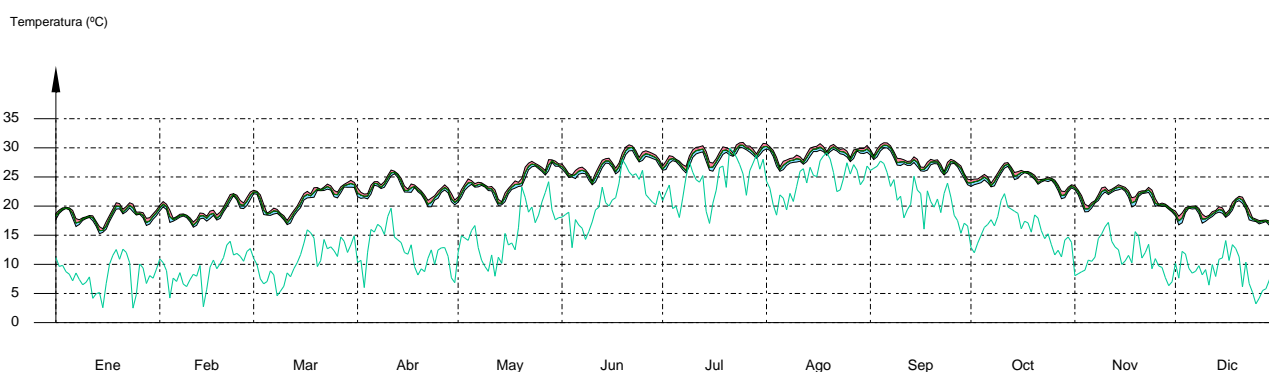
1.3.3.- Evolución de la temperatura.

La evolución de la temperatura interior en las zonas modelizadas del edificio objeto de proyecto se muestra en las siguientes gráficas, que muestran la evolución de las temperaturas mínimas, máximas y medias de cada día, junto a la temperatura exterior media diaria, en cada zona:

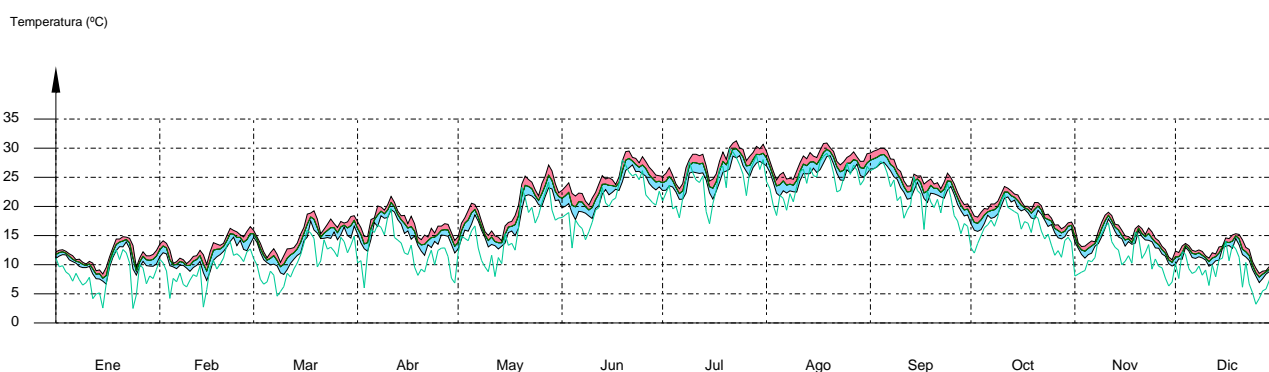
Z1



Z2



Z3



1.3.4.- Resultados numéricos del balance energético por zona y mes.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de transferencia total de calor por transmisión y ventilación, calor interno total y ganancias solares, y energía necesaria para calefacción y refrigeración, de cada una de las zonas de cálculo del edificio.

El criterio de signos adoptado consiste en emplear valores positivos para energías aportadas a la zona de cálculo, y negativos para la energía extraída.

Las ganancias solares e internas muestran los valores de ganancia energética bruta mensual, junto a la



pérdida directa debida al calor que escapa de la zona de cálculo a través de los elementos ligeros, conforme al método de cálculo utilizado.

Se muestra también el calor neto mensual almacenado o cedido por la masa térmica de cada zona de cálculo, de balance anual nulo.

| | Ene (kWh) | Feb (kWh) | Mar (kWh) | Abr (kWh) | May (kWh) | Jun (kWh) | Jul (kWh) | Ago (kWh) | Sep (kWh) | Oct (kWh) | Nov (kWh) | Dic (kWh) | Año (kWh /año) (kWh/ (m²·a)) | |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|--|-------|
| Z1 (A _r = 470.76 m²; V = 1182.70 m³; A _{tot} = 2268.87 m²; C _m = 127461.327 kJ/K; A _m = 1236.26 m²) | | | | | | | | | | | | | | |
| Q _{tr,op} | -- -926.8 | -- -798.8 | -- -913.8 | -- -878.8 | 12.3 -711.1 | 47.2 -389.5 | 132.5 -234.3 | 124.4 -211.6 | 57.7 -339.5 | 1.0 -680.8 | -- -864.4 | -- -886.8 | -7461.2 | -15.8 |
| Q _{tr,w} | -- -506.4 | -- -436.4 | -- -496.8 | -- -472.0 | 6.7 -381.3 | 26.3 -206.5 | 73.2 -122.4 | 69.0 -110.2 | 32.0 -179.3 | 0.6 -365.9 | -- -471.1 | -- -484.4 | -4024.9 | -8.5 |
| Q _{tr,ac} | -- -1054.6 | -- -881.8 | -- -939.6 | 2.5 -820.0 | 33.8 -630.5 | 161.8 -203.3 | 351.4 -52.9 | 366.1 -31.3 | 205.7 -160.1 | 17.0 -627.1 | -- -917.1 | -- -1004.3 | -6184.4 | -13.1 |
| Q _{ve} | -- -441.7 | -- -365.2 | -- -420.7 | -- -386.6 | 3.9 -335.6 | 27.1 -164.1 | 64.2 -91.1 | 59.8 -89.9 | 28.1 -138.4 | 0.7 -318.8 | -- -405.4 | -- -404.8 | -3378.6 | -7.2 |
| Q _{int,s} | 2336.8 -3.2 | 2048.7 -2.8 | 2268.8 -3.1 | 2152.8 -3.0 | 2336.8 -3.2 | 2168.8 -3.0 | 2248.8 -3.1 | 2328.8 -3.2 | 2088.7 -2.9 | 2332.8 -3.2 | 2236.8 -3.1 | 2180.8 -3.0 | 26692.5 | 56.7 |
| Q _{sol} | 261.9 -0.7 | 340.9 -0.9 | 514.6 -1.4 | 561.7 -1.6 | 632.7 -1.8 | 721.3 -2.0 | 785.9 -2.2 | 720.6 -2.0 | 633.3 -1.8 | 446.1 -1.2 | 280.9 -0.8 | 216.3 -0.6 | 6099.2 | 13.0 |
| Q _{edif} | -36.1 | -97.8 | -22.4 | 69.6 | -105.7 | 0.5 | -22.0 | 5.5 | 57.3 | -24.7 | 144.2 | 31.6 | | |
| Q _H | 371.0 | 194.1 | 60.7 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | 355.2 | 981.0 | 2.1 |
| Q _C | -- | -- | -46.2 | -224.7 | -856.9 | -2184.6 | -3128.0 | -3226.0 | -2280.9 | -776.3 | -- | -- | -12723.6 | -27.0 |
| Q _{HC} | 371.0 | 194.1 | 106.9 | 224.7 | 856.9 | 2184.6 | 3128.0 | 3226.0 | 2280.9 | 776.3 | -- | 355.2 | 13704.5 | 29.1 |

Z2 ($A_v = 59.14 \text{ m}^2$; $V = 138.25 \text{ m}^3$; $A_{\text{tot}} = 316.80 \text{ m}^2$; $C_m = 16373.257 \text{ kJ/K}$; $A_m = 154.16 \text{ m}^2$)

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|-------|
| $Q_{\text{tr,op}}$ | -- | -- | 0.1 | -- | 2.4 | 3.1 | 11.5 | 9.1 | 4.4 | 0.1 | -- | -- | -1681.2 | -28.4 |
| $Q_{\text{tr,w}}$ | -176.6 | -154.4 | -179.6 | -176.0 | -151.5 | -109.0 | -85.2 | -84.8 | -104.0 | -147.9 | -172.4 | -170.5 | -263.4 | -4.5 |
| $Q_{\text{tr,ac}}$ | -- | -- | 0.0 | -- | 0.3 | 0.4 | 1.7 | 1.4 | 0.6 | 0.0 | -- | -- | -1198.6 | -20.3 |
| Q_{ve} | -27.7 | -24.2 | -28.2 | -27.7 | -23.8 | -17.0 | -13.2 | -13.1 | -16.1 | -23.2 | -27.0 | -26.7 | -798.1 | -13.5 |
| $Q_{\text{int,s}}$ | 109.3 | 86.4 | 85.9 | 64.0 | 46.8 | 1.4 | 1.5 | 1.0 | 0.5 | 24.6 | 75.2 | 99.6 | 3356.0 | 56.7 |
| Q_{sol} | -131.4 | -112.2 | -122.4 | -115.3 | -127.9 | -168.7 | -219.8 | -238.8 | -188.0 | -119.5 | -123.7 | -127.3 | 585.3 | 9.9 |
| Q_{edif} | -- | -- | -- | -- | 0.4 | 1.2 | 3.2 | 2.2 | 1.2 | 0.0 | -- | -- | | |
| | -84.4 | -70.6 | -83.6 | -79.6 | -75.5 | -50.8 | -39.7 | -42.5 | -47.7 | -72.4 | -81.5 | -77.9 | | |
| | 293.6 | 257.4 | 285.0 | 270.5 | 293.6 | 272.5 | 282.5 | 292.6 | 262.4 | 293.1 | 281.0 | 274.0 | | |
| | -0.2 | -0.2 | -0.2 | -0.2 | -0.2 | -0.2 | -0.2 | -0.2 | -0.2 | -0.2 | -0.2 | -0.2 | | |
| | 25.7 | 31.9 | 47.7 | 52.3 | 63.5 | 68.7 | 73.1 | 70.7 | 58.7 | 44.0 | 28.5 | 21.3 | | |
| | -0.0 | -0.0 | -0.1 | -0.1 | -0.1 | -0.1 | -0.1 | -0.1 | -0.1 | -0.1 | -0.0 | -0.0 | | |
| | -8.2 | -14.0 | -4.8 | 11.9 | -28.0 | -1.6 | -15.3 | 2.5 | 28.3 | 1.4 | 20.1 | 7.7 | | |

Z3 ($A_v = 365.87 \text{ m}^2$; $V = 714.31 \text{ m}^3$; $A_{\text{tot}} = 966.67 \text{ m}^2$; $C_m = 69853.797 \text{ kJ/K}$; $A_m = 774.41 \text{ m}^2$)

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|--------|--------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|-------|
| $Q_{\text{tr,op}}$ | 57.3 | 107.6 | 96.4 | 66.8 | 123.1 | 167.6 | 253.8 | 233.6 | 157.7 | 102.0 | 70.6 | 75.6 | -9691.3 | -26.5 |
| $Q_{\text{tr,w}}$ | -881.0 | -866.4 | -1090.8 | -1131.9 | -1017.0 | -932.8 | -869.1 | -846.8 | -877.3 | -888.6 | -938.0 | -863.5 | -872.9 | -2.4 |
| $Q_{\text{tr,ac}}$ | 4.7 | 9.0 | 8.0 | 5.6 | 10.5 | 14.4 | 22.1 | 20.3 | 13.6 | 8.7 | 5.9 | 6.3 | 7383.0 | 20.2 |
| Q_{ve} | -77.9 | -76.4 | -96.7 | -102.5 | -92.0 | -84.1 | -78.2 | -76.1 | -79.0 | -80.1 | -82.8 | -76.3 | -4798.1 | -13.1 |
| $Q_{\text{int,s}}$ | 1076.7 | 907.6 | 976.0 | 868.7 | 679.9 | 260.6 | 89.4 | 69.5 | 215.3 | 704.9 | 965.7 | 1032.0 | 7979.3 | 21.8 |
| Q_{sol} | -- | -- | -- | -- | -2.2 | -51.8 | -169.6 | -166.5 | -73.3 | -- | -- | -- | | |
| Q_{edif} | 26.0 | 49.4 | 43.8 | 30.8 | 57.6 | 79.1 | 121.6 | 111.7 | 75.0 | 48.0 | 32.5 | 34.9 | | |
| | -428.2 | -420.0 | -531.7 | -563.6 | -505.8 | -462.3 | -429.8 | -418.3 | -434.2 | -440.2 | -455.1 | -419.4 | | |
| | 252.0 | 366.7 | 630.8 | 741.9 | 904.2 | 1074.7 | 1162.4 | 1049.9 | 838.8 | 489.8 | 285.6 | 212.3 | | |
| | -0.9 | -1.4 | -2.4 | -2.8 | -3.4 | -4.0 | -4.3 | -3.9 | -3.1 | -1.8 | -1.1 | -0.8 | | |
| | -28.7 | -76.0 | -33.4 | 87.0 | -154.9 | -61.5 | -98.2 | 26.6 | 166.5 | 57.3 | 116.7 | -1.2 | | |

donde:

A_v : Superficie útil de la zona térmica, m².

V : Volumen interior neto de la zona térmica, m³.

A_{tot} : Área de todas las superficies que revisten la zona térmica, m².

C_m : Capacidad calorífica interna de la zona térmica calculada conforme a la Norma ISO 13786:2007 (método detallado), kJ/K.

A_m : Superficie efectiva de masa de la zona térmica, conforme a la Norma ISO 13790:2011, m².



- $Q_{tr,op}$: Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos pesados en contacto con el exterior, kWh/(m²·año).
- $Q_{tr,w}$: Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos ligeros en contacto con el exterior, kWh/(m²·año).
- $Q_{tr,ac}$: Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica debida al acoplamiento térmico entre zonas, kWh/(m²·año).
- Q_{ve} : Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica por ventilación, kWh/(m²·año).
- $Q_{int,s}$: Transferencia de calor correspondiente a la ganancia de calor interna sensible, kWh/(m²·año).
- Q_{sol} : Transferencia de calor correspondiente a la ganancia de calor solar, kWh/(m²·año).
- Q_{edif} : Transferencia de calor correspondiente al almacenamiento o cesión de calor por parte de la masa térmica de la zona, kWh/(m²·año).
- Q_H : Energía aportada de calefacción, kWh/(m²·año).
- Q_C : Energía aportada de refrigeración, kWh/(m²·año).
- Q_{HC} : Energía aportada de calefacción y refrigeración, kWh/(m²·año).

2.- MODELO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO.

2.1.- Zonificación climática

El edificio objeto del proyecto se sitúa en el municipio de Alcañiz (provincia de Teruel), con una altura sobre el nivel del mar de 381 m. Le corresponde, conforme al Apéndice B de CTE DB HE 1, la zona climática C3. La pertenencia a dicha zona climática define las solicitaciones exteriores para el cálculo de demanda energética, mediante la determinación del clima de referencia asociado, publicado en formato informático (fichero MET) por la Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo, del Ministerio de Fomento.

2.2.- Zonificación del edificio, perfil de uso y nivel de acondicionamiento.

2.2.1.- Agrupaciones de recintos.

Se muestra a continuación la caracterización de los espacios que componen cada una de las zonas de cálculo del edificio. Para cada espacio, se muestran su superficie y volumen, junto a sus condiciones operacionales conforme a los perfiles de uso del Apéndice C de CTE DB HE 1, su acondicionamiento térmico, y sus solicitaciones interiores debidas a aportes de energía de ocupantes, equipos e iluminación.

| | S (m ²) | V (m ³) | b _{ve} | ren _h (1/h) | SQ _{ocup,s} (kWh /año) | SQ _{equip} (kWh /año) | SQ _{ilum} (kWh /año) | T ⁺ calef. media (°C) | T ⁺ refrig. media (°C) |
|---|------------------------|------------------------|-----------------|---------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--|---|
| Z1 (Zona habitable, Perfil: Baja, 24 h) | | | | | | | | | |
| R1 | 21.76 | 55.48 | 0.10 | 1.50 | 290.7 | 218.0 | 726.7 | 20.0 | 25.0 |
| R2 | 14.93 | 38.09 | 0.10 | 1.50 | 199.5 | 149.6 | 498.8 | 20.0 | 25.0 |
| R3 | 14.69 | 37.46 | 0.10 | 1.50 | 196.2 | 147.2 | 490.6 | 20.0 | 25.0 |
| R4 | 18.47 | 47.10 | 0.10 | 1.50 | 246.7 | 185.0 | 616.8 | 20.0 | 25.0 |
| R5 | 20.89 | 53.27 | 0.10 | 1.50 | 279.0 | 209.3 | 697.6 | 20.0 | 25.0 |
| R6 | 15.24 | 38.87 | 0.10 | 1.50 | 203.6 | 152.7 | 509.0 | 20.0 | 25.0 |
| R8 | 28.51 | 64.32 | 0.10 | 1.50 | 380.9 | 285.7 | 952.3 | 20.0 | 25.0 |
| R12 | 20.29 | 51.76 | 0.10 | 1.50 | 271.1 | 203.3 | 677.8 | 20.0 | 25.0 |
| R13 | 14.06 | 35.85 | 0.10 | 1.50 | 187.8 | 140.8 | 469.4 | 20.0 | 25.0 |
| R14 | 14.51 | 37.01 | 0.10 | 1.50 | 193.9 | 145.4 | 484.7 | 20.0 | 25.0 |
| R15 | 14.51 | 37.01 | 0.10 | 1.50 | 193.9 | 145.4 | 484.7 | 20.0 | 25.0 |
| R16 | 14.55 | 37.10 | 0.10 | 1.50 | 194.3 | 145.7 | 485.8 | 20.0 | 25.0 |
| R17 | 12.64 | 32.24 | 0.10 | 1.50 | 168.9 | 126.7 | 422.2 | 20.0 | 25.0 |
| R18 | 14.30 | 36.48 | 0.10 | 1.50 | 191.1 | 143.3 | 477.8 | 20.0 | 25.0 |
| R19 | 14.77 | 37.66 | 0.10 | 1.50 | 197.3 | 147.9 | 493.2 | 20.0 | 25.0 |
| R20 | 16.42 | 41.89 | 0.10 | 1.50 | 219.4 | 164.6 | 548.5 | 20.0 | 25.0 |
| R21 | 15.88 | 40.50 | 0.10 | 1.50 | 212.2 | 159.1 | 530.4 | 20.0 | 25.0 |
| R23 | 16.20 | 36.55 | 0.10 | 1.50 | 216.4 | 162.3 | 541.1 | 20.0 | 25.0 |
| R24 | 16.20 | 36.55 | 0.10 | 1.50 | 216.4 | 162.3 | 541.1 | 20.0 | 25.0 |
| R27 | 20.29 | 51.76 | 0.10 | 1.50 | 271.1 | 203.3 | 677.8 | 20.0 | 25.0 |
| R28 | 14.06 | 35.85 | 0.10 | 1.50 | 187.8 | 140.8 | 469.4 | 20.0 | 25.0 |
| R29 | 14.51 | 37.01 | 0.10 | 1.50 | 193.9 | 145.4 | 484.7 | 20.0 | 25.0 |
| R30 | 14.51 | 37.01 | 0.10 | 1.50 | 193.9 | 145.4 | 484.7 | 20.0 | 25.0 |
| R31 | 14.55 | 37.10 | 0.10 | 1.50 | 194.3 | 145.7 | 485.8 | 20.0 | 25.0 |
| R32 | 12.64 | 32.24 | 0.10 | 1.50 | 168.9 | 126.7 | 422.2 | 20.0 | 25.0 |



| | S (m ²) | V (m ³) | b _{ve} | ren _h (1/h) | SQ _{ocup,s} (kWh/año) | SQ _{equip} (kWh/año) | SQ _{ilum} (kWh/año) | T° calef. media (°C) | T° refriger. media (°C) |
|-----|------------------------|------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| R33 | 14.30 | 36.49 | 0.10 | 1.50 | 191.1 | 143.3 | 477.8 | 20.0 | 25.0 |
| R34 | 14.77 | 37.66 | 0.10 | 1.50 | 197.3 | 147.9 | 493.2 | 20.0 | 25.0 |
| R35 | 16.42 | 41.89 | 0.10 | 1.50 | 219.4 | 164.6 | 548.5 | 20.0 | 25.0 |
| R36 | 15.88 | 40.50 | 0.10 | 1.50 | 212.2 | 159.1 | 530.4 | 20.0 | 25.0 |
| | 470.76 | 1182.70 | 0.10 | 1.50/1.148* | 6289.3 | 4717.0 | 15723.2 | 20.0 | 25.0 |

Z2 (Zona habitable, Perfil: Baja, 24 h)

| | | | | | | | | | |
|-----|-------|--------|------|-------------|-------|-------|--------|-----|-----|
| R7 | 11.58 | 29.90 | 1.00 | 0.30 | 154.7 | 116.0 | 386.7 | -- | -- |
| R10 | 2.95 | 7.53 | 1.00 | 0.30 | 39.4 | 29.6 | 98.6 | -- | -- |
| R10 | 4.65 | 11.87 | 1.00 | 0.30 | 62.2 | 46.6 | 155.5 | -- | -- |
| R22 | 11.54 | 29.81 | 1.00 | 0.30 | 154.2 | 115.7 | 385.6 | -- | -- |
| R25 | 4.65 | 11.87 | 1.00 | 0.30 | 62.2 | 46.6 | 155.5 | -- | -- |
| R26 | 11.54 | 29.81 | 1.00 | 0.30 | 154.2 | 115.7 | 385.6 | -- | -- |
| R42 | 12.22 | 17.46 | 1.00 | 0.30 | 163.2 | 122.4 | 408.1 | -- | -- |
| | 59.14 | 138.25 | 1.00 | 0.30/0.230* | 790.2 | 592.6 | 1975.4 | 0.0 | 0.0 |

Z3 (Zona no habitable)

| | | | | | | | | | |
|-----|--------|--------|------|------|-----|-----|-----|------------------|--|
| R40 | 156.85 | 451.81 | 1.00 | 0.80 | -- | -- | -- | Oscilación libre | |
| R9 | 2.35 | 5.98 | 1.00 | 0.80 | -- | -- | -- | | |
| R11 | 2.37 | 6.04 | 1.00 | 0.80 | -- | -- | -- | | |
| R38 | 2.37 | 6.04 | 1.00 | 0.80 | -- | -- | -- | | |
| R41 | 201.94 | 244.43 | 1.00 | 0.80 | -- | -- | -- | | |
| | 365.87 | 714.31 | 1.00 | 0.80 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | | |

donde:

S: Superficie útil interior del recinto, m².V: Volumen interior neto del recinto, m³.b_{ve}: Factor de ajuste de la temperatura de suministro de ventilación. En caso de disponer de una unidad de recuperación de calor, el factor de ajuste de la temperatura de suministro de ventilación para el caudal de aire procedente de la unidad de recuperación es igual a $b_{ve} = (1 - f_{ve,frac} \cdot h_{tru})$, donde h_{tru} es el rendimiento de la unidad de recuperación y $f_{ve,frac}$ es la fracción del caudal de aire total que circula a través del recuperador.ren_h: Número de renovaciones por hora del aire del recinto.

*: Valor medio del número de renovaciones hora del aire de la zona habitable, incluyendo las infiltraciones calculadas.

Q_{ocup,s}: Sumatorio de la carga interna sensible debida a la ocupación del recinto a lo largo del año, conforme al perfil anual asignado y a su superficie, kWh/año.Q_{equip}: Sumatorio de la carga interna debida a los equipos presentes en el recinto a lo largo del año, conforme al perfil anual asignado y a su superficie, kWh/año.Q_{ilum}: Sumatorio de la carga interna debida a la iluminación del recinto a lo largo del año, conforme al perfil anual asignado y a su superficie, kWh/año.

T° calef. media: Valor medio en los intervalos de operación de la temperatura de consigna de calefacción, °C.

T° refriger. media: Valor medio en los intervalos de operación de la temperatura de consigna de refrigeración, °C.

2.2.2.- Perfiles de uso utilizados.

Los perfiles de uso utilizados en el cálculo del edificio, obtenidos del Apéndice C de CTE DB HE 1, son los siguientes:



Distribución horaria

1h 2h 3h 4h 5h 6h 7h 8h 9h 10h 11h 12h 13h 14h 15h 16h 17h 18h 19h 20h 21h 22h 23h 24h

Perfil: Baja, 24 h (uso no residencial)

Temp. Consigna Alta (°C)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Laboral | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| Sábado | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| Festivo | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |

Temp. Consigna Baja (°C)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Laboral | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Sábado | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Festivo | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |

Ocupación sensible (W/m²)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Laboral | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Sábado | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Festivo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Iluminación (%)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Laboral | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Sábado | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Festivo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Equipos (W/m²)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Laboral | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 |
| Sábado | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Festivo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Ventilación (%)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Laboral | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Sábado | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Festivo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

2.3.- Descripción geométrica y constructiva del modelo de cálculo.

2.3.1.- Composición constructiva. Elementos constructivos pesados.

La transmisión de calor al exterior a través de los elementos constructivos pesados que forman la envolvente térmica de las zonas habitables del edificio (-11.3 kWh/(m²·año)) supone el 44.7% de la transmisión térmica total a través de dicha envolvente (-25.3 kWh/(m²·año)).

| | Tipo | S (m²) | c (kJ/ (m²·K)) | U (W/ (m²·K)) | âQ _{tr} (kWh /año) | a | I. (°) | O. (°) | F _{sh,o} | âQ _{sol} (kWh /año) |
|----------------------------|------|-----------|----------------------|---------------------|-----------------------------------|------------|-----------|------------|-------------------|------------------------------------|
| Z1 | | | | | | | | | | |
| MD1 | | 82.60 | 18.28 | | | | | | | |
| FE1 | | 6.10 | 51.00 | 0.23 | -99.4 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.80 | 9.9 |
| Tabique PYL 100/600(70) LM | | 128.28 | 13.38 | 0.47 | 64.5 | Desde 'Z2' | | | | |
| Tabique PYL 100/600(70) LM | | 42.33 | 13.38 | 0.47 | -878.8 | Hacia 'Z3' | | | | |
| Tabique PYL 100/600(70) LM | | 796.32 | 13.38 | | | | | | | |
| FJ1 | | 131.44 | 83.81 | 0.54 | -3037.2 | Hacia 'Z3' | | | | |
| FJ1 | | 253.04 | 148.83 | | | | | | | |
| FE1 | | 4.69 | 51.00 | 0.23 | -76.4 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.68 | 6.5 |
| FE1 | | 4.38 | 51.00 | 0.23 | -71.4 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.64 | 5.7 |
| FE1 | | 11.40 | 51.00 | 0.23 | -185.7 | 0.4 | V | S(-178.04) | 0.36 | 11.9 |
| FE1 | | 7.12 | 51.00 | 0.23 | -116.0 | 0.4 | V | SE(135) | 0.71 | 13.7 |
| FE1 | | 2.77 | 51.00 | 0.23 | -45.1 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.67 | 3.8 |
| FJ1 | | 1.82 | 148.83 | 0.60 | 0.3 | Desde 'Z2' | | | | |
| FE1 | | 10.85 | 51.00 | 0.23 | -176.8 | 0.4 | V | O(-90) | 0.81 | 19.0 |
| FE1 | | 7.84 | 51.00 | 0.23 | -127.6 | 0.4 | V | S(-178.04) | 0.37 | 8.2 |
| FE1 | | 5.96 | 51.00 | 0.23 | -97.0 | 0.4 | V | O(-90) | 0.54 | 7.0 |
| FE1 | | 7.59 | 51.00 | 0.23 | -123.7 | 0.4 | V | O(-90) | 0.34 | 5.6 |



| | Tipo | S (m²) | c (kJ/ (m²·K)) | U (W/ (m²·K)) | âQ _{tr} (kWh /año) | a | I. (°) | O. (°) | F _{sh,o} | âQ _{sol} (kWh /año) |
|-----------|------|-----------|----------------------|---------------------|-----------------------------------|------------|-----------|------------|-------------------|------------------------------------|
| FJ1 | | 44.41 | 52.32 | | | | | | | |
| FE1 | | 5.25 | 51.00 | 0.23 | -85.5 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.85 | 9.1 |
| FJ1 | | 253.04 | 86.51 | | | | | | | |
| FJ1 | | 26.80 | 87.42 | 0.61 | -1145.0 | | | | | |
| FE1 | | 4.68 | 51.00 | 0.23 | -76.2 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.83 | 7.9 |
| FE1 | | 4.49 | 51.00 | 0.23 | -73.1 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.81 | 7.4 |
| FE1 | | 4.50 | 51.00 | 0.23 | -73.3 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.78 | 7.2 |
| FE1 | | 9.53 | 51.00 | 0.23 | -155.2 | 0.4 | V | SE(135.23) | 0.78 | 20.3 |
| FE1 | | 2.65 | 51.00 | 0.23 | -43.2 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.81 | 4.3 |
| FE1 | | 5.99 | 51.00 | 0.23 | -97.6 | 0.4 | V | O(-90) | 0.91 | 11.8 |
| FE1 | | 10.65 | 51.00 | 0.23 | -173.5 | 0.4 | V | S(-177.99) | 0.84 | 25.6 |
| FJ2 | | 2.95 | 82.56 | 0.24 | -49.5 | 0.6 | H | | 0.16 | 3.0 |
| FE1 | | 5.70 | 51.00 | 0.23 | -92.9 | 0.4 | V | O(-90) | 0.87 | 10.8 |
| FE1 | | 5.84 | 51.00 | 0.23 | -95.2 | 0.4 | V | O(-90) | 0.60 | 7.6 |
| FE1 | | 7.63 | 51.00 | 0.23 | -124.2 | 0.4 | V | O(-90) | 0.43 | 7.1 |
| FJ1 | | 44.41 | 83.81 | | | | | | | |
| FJ1 | | 2.79 | 86.51 | 0.60 | 0.4 | Desde 'Z2' | | | | |
| FE1 | | 3.65 | 51.00 | 0.23 | -59.5 | 0.4 | V | O(-90) | 0.51 | 4.0 |
| FJ1 | | 15.78 | 51.68 | 0.29 | -201.1 | Hacia 'Z3' | | | | |
| FE1 | | 5.25 | 51.00 | 0.23 | -85.5 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.88 | 9.4 |
| FJ1 | | 129.33 | 147.56 | 0.32 | -1759.4 | Hacia 'Z3' | | | | |
| FE1 | | 4.68 | 51.00 | 0.23 | -76.2 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.88 | 8.4 |
| FE1 | | 4.49 | 51.00 | 0.23 | -73.1 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.88 | 8.1 |
| FE1 | | 4.50 | 51.00 | 0.23 | -73.3 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.88 | 8.1 |
| FE1 | | 9.53 | 51.00 | 0.23 | -155.2 | 0.4 | V | SE(135.23) | 0.86 | 22.3 |
| FE1 | | 2.65 | 51.00 | 0.23 | -43.2 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.91 | 4.9 |
| FE1 | | 5.99 | 51.00 | 0.23 | -97.6 | 0.4 | V | O(-90) | 0.90 | 11.7 |
| FE1 | | 10.65 | 51.00 | 0.23 | -173.5 | 0.4 | V | S(-177.99) | 0.84 | 25.7 |
| FE1 | | 5.70 | 51.00 | 0.23 | -92.9 | 0.4 | V | O(-90) | 0.84 | 10.3 |
| AZ1 (FJ1) | | 3.05 | 146.35 | 0.32 | -68.7 | 0.6 | H | | 0.44 | 11.5 |
| FE1 | | 5.84 | 51.00 | 0.23 | -95.2 | 0.4 | V | O(-90) | 0.75 | 9.4 |
| AZ1 (FJ1) | | 6.26 | 146.35 | 0.32 | -141.0 | 0.6 | H | | 0.68 | 36.3 |
| FE1 | | 7.63 | 51.00 | 0.23 | -124.2 | 0.4 | V | O(-90) | 0.69 | 11.3 |
| AZ1 (FJ1) | | 9.14 | 146.35 | 0.32 | -205.8 | 0.6 | H | | 0.64 | 50.2 |
| FE1 | | 3.65 | 51.00 | 0.23 | -59.5 | 0.4 | V | O(-90) | 0.76 | 6.0 |
| | | | | | -5027.9 | -5811.3* | | | | 451.0 |

Z2

| | | | | | | | | | | |
|----------------------------|--|--------|--------|------|--------|------------|---|------------|------|------|
| FE1 | | 4.33 | 51.00 | 0.23 | -71.3 | 0.4 | V | O(-90) | 0.39 | 3.7 |
| Tabique PYL 100/600(70) LM | | 128.28 | 13.38 | 0.47 | -64.5 | Hacia 'Z1' | | | | |
| FJ1 | | 11.58 | 109.13 | 1.28 | -646.5 | Hacia 'Z3' | | | | |
| FJ1 | | 22.93 | 154.76 | | | | | | | |
| MD1 | | 6.29 | 18.28 | | | | | | | |
| Tabique PYL 100/600(70) LM | | 15.97 | 13.38 | 0.47 | -339.6 | Hacia 'Z3' | | | | |
| FJ1 | | 2.79 | 83.81 | 0.54 | -64.7 | Hacia 'Z3' | | | | |
| FJ1 | | 2.79 | 148.83 | 0.60 | -0.4 | Hacia 'Z1' | | | | |
| FE1 | | 6.95 | 51.00 | 0.23 | -114.5 | 0.4 | V | S(-177.99) | 0.83 | 16.6 |








| | Tipo | S (m²) | c (kJ/ (m²·K)) | U (W/ (m²·K)) | âQ _{tr} (kWh /año) | a | I. (°) | O. (°) | F _{sh,o} | âQ _{sol} (kWh /año) |
|-----|------|-----------|----------------------|---------------------|-----------------------------------|------------|-----------|------------|-------------------|------------------------------------|
| FE1 | | 0.72 | 51.00 | 0.23 | -11.9 | 0.4 | V | SE(135.23) | 0.86 | 1.7 |
| FJ1 | | 1.82 | 86.51 | 0.60 | -0.3 | Hacia 'Z1' | | | | |
| FJ2 | | 1.67 | 82.56 | 0.24 | -28.3 | 0.6 | H | | 0.16 | 1.7 |
| FJ1 | | 4.65 | 148.83 | | | | | | | |
| FE1 | | 4.33 | 51.00 | 0.23 | -71.3 | 0.4 | V | O(-90) | 0.50 | 4.7 |
| FJ1 | | 22.93 | 114.21 | | | | | | | |
| FE1 | | 6.95 | 51.00 | 0.23 | -114.5 | 0.4 | V | S(-177.99) | 0.83 | 16.7 |
| FE1 | | 0.72 | 51.00 | 0.23 | -11.9 | 0.4 | V | SE(135.23) | 0.90 | 1.8 |
| FJ1 | | 4.65 | 86.51 | | | | | | | |
| FJ1 | | 4.65 | 147.56 | 0.32 | -63.6 | Hacia 'Z3' | | | | |
| FE1 | | 4.33 | 51.00 | 0.23 | -71.3 | 0.4 | V | O(-90) | 0.69 | 6.4 |
| FJ1 | | 11.55 | 147.56 | | | | | | | |
| FE5 | | 3.36 | 59.21 | 0.29 | -71.0 | 0.4 | V | S(180) | 0.89 | 11.0 |
| FE5 | | 3.54 | 59.21 | 0.29 | -74.7 | 0.4 | V | N(0) | 0.87 | 1.6 |
| FJ1 | | 11.55 | 50.98 | | | | | | | |
| TJ2 | | 13.12 | 1.99 | 0.35 | -333.4 | 0.6 | 21 | O(-90.06) | 1.00 | 121.0 |
| | | | | | -974.3 | -1179.6* | | | | 186.9 |

Z3

| | | | | | | | | | | |
|----------------------------|--|--------|--------|------|---------|------------|----|------------|------|-------|
| MD2 | | 98.80 | 130.40 | | | | | | | |
| FE2 | | 28.91 | 55.87 | 0.56 | -454.9 | 0.4 | V | S(-178) | 0.57 | 114.4 |
| FE2 | | 9.92 | 55.87 | 0.56 | -156.1 | 0.4 | V | SE(134.88) | 0.61 | 39.5 |
| FE2 | | 26.66 | 55.87 | 0.56 | -419.6 | 0.4 | V | E(90.39) | 0.47 | 61.2 |
| Solera | | 156.85 | 124.68 | 0.63 | -2802.2 | | | | | |
| FJ1 | | 131.44 | 52.32 | 0.54 | 3037.2 | Desde 'Z1' | | | | |
| FJ1 | | 11.58 | 57.20 | 1.28 | 646.5 | Desde 'Z2' | | | | |
| FJ1 | | 2.79 | 52.32 | 0.54 | 64.7 | Desde 'Z2' | | | | |
| Tabique PYL 100/600(70) LM | | 15.97 | 13.38 | 0.47 | 339.6 | Desde 'Z2' | | | | |
| Tabique PYL 100/600(70) LM | | 42.33 | 13.38 | 0.47 | 878.8 | Desde 'Z1' | | | | |
| FJ1 | | 2.37 | 147.56 | | | | | | | |
| FE3 | | 0.92 | 49.27 | 1.32 | -34.4 | 0.4 | V | O(-90.06) | 0.97 | 11.1 |
| FE3 | | 0.53 | 49.27 | 1.32 | -19.8 | 0.4 | V | S(-177.84) | 1.00 | 8.7 |
| FE3 | | 0.54 | 49.27 | 1.32 | -20.2 | 0.4 | V | E(90.51) | 1.00 | 6.3 |
| FE3 | | 3.04 | 49.27 | 1.32 | -114.0 | 0.4 | V | E(90) | 0.63 | 22.2 |
| FE3 | | 3.27 | 49.27 | 1.32 | -122.4 | 0.4 | V | N(0) | 0.87 | 6.8 |
| FE3 | | 7.51 | 49.27 | 1.32 | -281.1 | 0.4 | V | O(-90) | 1.00 | 93.3 |
| FE3 | | 2.84 | 49.27 | 1.32 | -106.1 | 0.4 | V | E(90.11) | 0.63 | 20.7 |
| FE3 | | 3.44 | 49.27 | 1.32 | -129.0 | 0.4 | V | S(179.99) | 0.89 | 50.7 |
| FE3 | | 7.12 | 49.27 | 1.32 | -266.3 | 0.4 | V | O(-90) | 1.00 | 88.2 |
| FJ1 | | 129.32 | 50.98 | 0.32 | 1759.4 | Desde 'Z1' | | | | |
| FJ1 | | 4.65 | 50.98 | 0.32 | 63.6 | Desde 'Z2' | | | | |
| Losa maciza | | 11.55 | 49.28 | 0.23 | -76.3 | 0.6 | H | | 0.16 | 11.6 |
| Losa maciza | | 12.73 | 49.28 | 0.23 | -83.1 | 0.6 | H | | 0.16 | 12.5 |
| FJ1 | | 15.78 | 49.75 | 0.29 | 201.1 | Desde 'Z1' | | | | |
| FJ1 | | 2.37 | 50.98 | | | | | | | |
| TJ1 | | 25.41 | 67.81 | 0.75 | -541.7 | 0.6 | 28 | S(-177.84) | 1.00 | 604.4 |
| TJ1 | | 17.61 | 67.81 | 0.75 | -375.4 | 0.6 | 25 | SE(135) | 1.00 | 388.9 |



| | Tipo | S (m ²) | c (kJ/ (m ² ·K)) | U (W/ (m ² ·K)) | âQ _{tr} (kWh /año) | a | I. (°) | O. (°) | F _{sh,o} | âQ _{sol} (kWh /año) | |
|-----|---|------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------|-----------|-----------|-------------------|------------------------------------|--------|
| TJ1 |  | 103.58 | 67.81 | 0.75 | -2208.1 | 0.6 | 20 | E(90.51) | 1.00 | 1980.4 | |
| TJ1 |  | 34.22 | 67.81 | 0.75 | -729.4 | 0.6 | 21 | O(-90.06) | 1.00 | 665.9 | |
| TJ2 |  | 1.83 | 1.99 | 0.35 | -18.4 | 0.6 | 21 | O(-90.06) | 1.00 | 16.9 | |
| TJ2 |  | 0.89 | 1.99 | 0.35 | -8.9 | 0.6 | 21 | O(-90.06) | 1.00 | 8.2 | |
| TJ1 |  | 33.95 | 67.81 | 0.75 | -723.8 | 0.6 | 21 | O(-90.06) | 1.00 | 660.7 | |
| | | | | | -9691.3 | +6990.9* | | | | | 4872.5 |

donde:

S: Superficie del elemento.

c: Capacidad calorífica por superficie del elemento.

U: Transmitancia térmica del elemento.

 Q_{tr} : Calor intercambiado con el ambiente exterior, a través del elemento, a lo largo del año.

*: Calor intercambiado con otras zonas del modelo térmico, a través del elemento, a lo largo del año.

a: Coeficiente de absorción solar (absortividad) de la superficie opaca.

I.: Inclinación de la superficie (elevación).

O.: Orientación de la superficie (azimut respecto al norte).











F_{sh,o}: Valor medio anual del factor de corrección de sombra por obstáculos exteriores. Q_{sol} : Ganancia solar acumulada a lo largo del año.

2.3.2.- Composición constructiva. Elementos constructivos ligeros.








La transmisión de calor al exterior a través de los elementos constructivos ligeros que forman la envolvente térmica de las zonas habitables del edificio (-8.1 kWh/(m²·año)) supone el 31.9% de la transmisión térmica total a través de dicha envolvente (-25.3 kWh/(m²·año)).

| | Tipo | S (m ²) | U _g (W/ (m ² ·K)) | F _F (%) | U _r (W/ (m ² ·K)) | $\dot{a}Q_{tr}$ (kWh /año) | g _{gl} | a | I. (°) | O. (°) | F _{sh,gl} | F _{sh,o} | $\dot{a}Q_{sol}$ (kWh /año) |
|--|------|------------------------|---|-----------------------|---|----------------------------------|-----------------|-----|-----------|------------|--------------------|-------------------|-----------------------------------|
| Z1 | | | | | | | | | | | | | |
| TR1 | | 2.52 | 0.70 | 0.37 | 1.00 | -143.7 | 0.50 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.35 | 0.87 | 213.0 |
| TR1 | | 2.52 | 0.70 | 0.37 | 1.00 | -143.7 | 0.50 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.35 | 0.84 | 206.7 |
| TR1 | | 2.52 | 0.70 | 0.37 | 1.00 | -143.7 | 0.50 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.35 | 0.76 | 185.2 |
| TR1 | | 2.52 | 0.70 | 0.37 | 1.00 | -143.7 | 0.50 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.35 | 0.73 | 179.5 |
| TR1 | | 2.52 | 0.70 | 0.37 | 1.00 | -143.7 | 0.50 | 0.4 | V | SE(135) | 0.30 | 0.78 | 203.4 |
| TR1 | | 2.52 | 0.70 | 0.37 | 1.00 | -143.7 | 0.50 | 0.4 | V | S(-178.04) | 0.26 | 0.58 | 134.4 |
| TR1 | | 1.44 | 0.70 | 0.51 | 1.00 | -86.5 | 0.50 | 0.4 | V | O(-90) | 0.28 | 0.69 | 64.5 |
| TR1 | | 2.52 | 0.70 | 0.37 | 1.00 | -143.7 | 0.50 | 0.4 | V | O(-90) | 0.76 | 0.56 | 304.7 |
| Puerta de entrada a la vivienda, de madera | | 3.35 | | 1.00 | 1.78 | 6.3 | Desde 'Z2' | | | | | | |
| Puerta de entrada a la vivienda, de madera | | 1.68 | | 1.00 | 1.78 | -130.7 | Hacia 'Z3' | | | | | | |
| TR1 | | 2.52 | 0.70 | 0.37 | 1.00 | -143.7 | 0.50 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.35 | 0.91 | 222.7 |
| TR1 | | 2.52 | 0.70 | 0.37 | 1.00 | -143.7 | 0.50 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.35 | 0.90 | 219.8 |
| TR1 | | 2.52 | 0.70 | 0.37 | 1.00 | -143.7 | 0.50 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.35 | 0.89 | 217.8 |
| TR1 | | 2.52 | 0.70 | 0.37 | 1.00 | -143.7 | 0.50 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.35 | 0.87 | 214.0 |
| TR1 | | 2.52 | 0.70 | 0.37 | 1.00 | -143.7 | 0.50 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.35 | 0.86 | 209.4 |
| TR1 | | 2.52 | 0.70 | 0.37 | 1.00 | -143.7 | 0.50 | 0.4 | V | SE(135.23) | 0.30 | 0.88 | 229.0 |
| TR1 | | 2.52 | 0.70 | 0.37 | 1.00 | -143.7 | 0.50 | 0.4 | V | S(-177.99) | 0.26 | 0.86 | 199.0 |
| TR1 | | 1.44 | 0.70 | 0.51 | 1.00 | -86.5 | 0.50 | 0.4 | V | O(-90) | 0.28 | 0.91 | 85.9 |
| TR1 | | 1.44 | 0.70 | 0.51 | 1.00 | -86.5 | 0.50 | 0.4 | V | O(-90) | 0.28 | 0.72 | 68.0 |
| TR1 | | 2.52 | 0.70 | 0.37 | 1.00 | -143.7 | 0.50 | 0.4 | V | O(-90) | 0.35 | 0.62 | 159.0 |
| TR1 | | 2.52 | 0.70 | 0.37 | 1.00 | -143.7 | 0.50 | 0.4 | V | O(-90) | 0.35 | 0.67 | 170.1 |
| Puerta de entrada a la vivienda, de madera | | 3.35 | | 1.00 | 1.78 | -261.4 | Hacia 'Z3' | | | | | | |
| Puerta de entrada a la vivienda, de madera | | 6.70 | | 1.00 | 1.78 | 12.7 | Desde 'Z2' | | | | | | |










| | Tipo | S (m ²) | U _g (W/ (m ² ·K)) | F _F (%) | U _t (W/ (m ² ·K)) | âQ _{tr} (kWh /año) | g _{gl} | a | I. (°) | O. (°) | F _{sh,gl} | F _{sh,o} | âQ _{sol} (kWh /año) | |
|-----|---|------------------------|---|-----------------------|---|-----------------------------------|-----------------|-----|-----------|------------|--------------------|-------------------|------------------------------------|--------|
| TR1 |  | 5.04 | 0.70 | 0.37 | 1.00 | -287.4 | 0.50 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.35 | 0.93 | 457.5 | |
| TR1 |  | 2.52 | 0.70 | 0.37 | 1.00 | -143.7 | 0.50 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.35 | 0.93 | 228.8 | |
| TR1 |  | 2.52 | 0.70 | 0.37 | 1.00 | -143.7 | 0.50 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.35 | 0.93 | 228.8 | |
| TR1 |  | 2.52 | 0.70 | 0.37 | 1.00 | -143.7 | 0.50 | 0.4 | V | E(90.5) | 0.35 | 0.93 | 228.8 | |
| TR1 |  | 2.52 | 0.70 | 0.37 | 1.00 | -143.7 | 0.50 | 0.4 | V | SE(135.23) | 0.30 | 0.94 | 244.3 | |
| TR1 |  | 2.52 | 0.70 | 0.37 | 1.00 | -143.7 | 0.50 | 0.4 | V | S(-177.99) | 0.26 | 0.91 | 211.8 | |
| TR1 |  | 1.44 | 0.70 | 0.51 | 1.00 | -86.5 | 0.50 | 0.4 | V | O(-90) | 0.28 | 0.87 | 81.8 | |
| TR1 |  | 1.44 | 0.70 | 0.51 | 1.00 | -86.5 | 0.50 | 0.4 | V | O(-90) | 0.28 | 0.82 | 77.1 | |
| TR1 |  | 2.52 | 0.70 | 0.37 | 1.00 | -143.7 | 0.50 | 0.4 | V | O(-90) | 0.35 | 0.80 | 203.5 | |
| TR1 |  | 2.52 | 0.70 | 0.37 | 1.00 | -143.7 | 0.50 | 0.4 | V | O(-90) | 0.35 | 0.85 | 216.6 | |
| | | | | | | -4024.9 | -373.1* | | | | | | | 5665.2 |

Z2

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|------|------|------|------|--------|------------|-----|---|--------|------|------|-------|-------|
| TR1 |  | 1.44 | 0.70 | 0.51 | 1.00 | -87.8 | 0.50 | 0.4 | V | O(-90) | 0.61 | 0.59 | 115.8 | |
| Puerta de entrada a la vivienda, de madera |  | 1.68 | | 1.00 | 1.78 | -3.2 | Hacia 'Z1' | | | | | | | |
| Puerta de entrada a la vivienda, de madera |  | 1.68 | | 1.00 | 1.78 | -3.2 | Hacia 'Z1' | | | | | | | |
| Puerta de entrada a la vivienda, de madera |  | 3.35 | | 1.00 | 1.78 | -6.3 | Hacia 'Z1' | | | | | | | |
| TR1 |  | 1.44 | 0.70 | 0.51 | 1.00 | -87.8 | 0.50 | 0.4 | V | O(-90) | 0.61 | 0.66 | 129.3 | |
| Puerta de entrada a la vivienda, de madera |  | 3.35 | | 1.00 | 1.78 | -6.3 | Hacia 'Z1' | | | | | | | |
| TR1 |  | 1.44 | 0.70 | 0.51 | 1.00 | -87.8 | 0.50 | 0.4 | V | O(-90) | 0.61 | 0.79 | 154.1 | |
| | | | | | | -263.4 | -19.0* | | | | | | | 399.2 |

Z3

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|------|------|------|------|--------|------------|-----|--------|------------|------|------|--------|
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 |  | 1.96 | 3.30 | 0.29 | 2.20 | -155.8 | 0.77 | 0.4 | V | SE(134.88) | 0.74 | 0.71 | 592.8 |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 |  | 1.96 | 3.30 | 0.29 | 2.20 | -155.8 | 0.77 | 0.4 | V | E(90.39) | 0.82 | 0.68 | 521.0 |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 |  | 1.96 | 3.30 | 0.29 | 2.20 | -155.8 | 0.77 | 0.4 | V | E(90.39) | 0.82 | 0.65 | 494.3 |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 |  | 1.96 | 3.30 | 0.29 | 2.20 | -155.8 | 0.77 | 0.4 | V | E(90.39) | 0.82 | 0.64 | 489.1 |
| Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4 |  | 3.08 | 3.30 | 0.23 | 2.20 | -249.6 | 0.77 | 0.4 | V | E(90.39) | 0.87 | 0.76 | 1039.4 |
| Puerta de entrada a la vivienda, de madera |  | 1.68 | | 1.00 | 1.78 | 130.7 | Desde 'Z1' | | | | | | |
| Puerta de entrada a la vivienda, de madera |  | 3.35 | | 1.00 | 1.78 | 261.4 | Desde 'Z1' | | | | | | |
| | | | | | | -872.9 | +392.0* | | 3136.7 | | | | |

donde:

- S: Superficie del elemento.
- U_g: Transmitancia térmica de la parte translúcida.
- F_F: Fracción de parte opaca del elemento ligero.
- U_o: Transmitancia térmica de la parte opaca.
- Q_{tr}: Calor intercambiado con el ambiente exterior, a través del elemento, a lo largo del año.
- *: Calor intercambiado con otras zonas del modelo térmico, a través del elemento, a lo largo del año.
- g_{gl}: Transmitancia total de energía solar de la parte transparente.
- a: Coeficiente de absorción solar (absortividad) de la parte opaca del elemento ligero.
- I.: Inclinación de la superficie (elevación).



O.: Orientación de la superficie (azimut respecto al norte).

$F_{sh,gl}$: Valor medio anual del factor reductor de sombreado para dispositivos de sombra móviles.

$F_{sh,o}$: Valor medio anual del factor de corrección de sombra por obstáculos exteriores.

Q_{sol} : Ganancia solar acumulada a lo largo del año.

2.3.3.- Composición constructiva. Puentes térmicos.

La transmisión de calor a través de los puentes térmicos incluidos en la envolvente térmica de las zonas habitables del edificio (-5.9 kWh/(m²·año)) supone el 23.4% de la transmisión térmica total a través de dicha envolvente (-25.3 kWh/(m²·año)).

Tomando como referencia únicamente la transmisión térmica a través de los elementos pesados y puentes térmicos de la envolvente habitable del edificio (-17.3 kWh/(m²·año)), el porcentaje debido a los puentes térmicos es el 34.3%.

| | Tipo | L (m) | y (W/(m·K)) | $\dot{a}Q_{tr}$ (kWh/año) |
|---|------|----------|----------------|------------------------------|
| Z1 | | | | |
| Contorno de ventana | | 189.00 | 0.050 | -669.4 |
| Frente de forjado | | 23.34 | 0.172 | -283.8 |
| Frente de forjado | | 41.13 | 0.115 | -335.4 |
| Esquina saliente | | 17.66 | 0.092 | -115.0 |
| Frente de forjado | | 3.94 | 0.118 | -32.9 |
| Frente de forjado | | 41.13 | 0.017 | -50.0 |
| Frente de forjado | | 17.68 | 0.442 | -553.6 |
| Forjado inferior en contacto con el aire exterior | | 0.57 | 0.119 | -4.8 |
| Frente de forjado | | 3.94 | 0.013 | -3.6 |
| Frente de forjado | | 1.48 | 0.684 | -71.8 |
| Frente de forjado | | 17.68 | 0.155 | -194.0 |
| Frente de forjado | | 2.47 | 0.680 | -119.0 |
| | | | | -2433.3 |
| Z2 | | | | |
| Contorno de ventana | | 14.40 | 0.050 | -51.6 |
| Frente de forjado | | 4.44 | 0.084 | -26.7 |
| Esquina saliente | | 5.10 | 0.092 | -33.6 |
| Forjado inferior en contacto con el aire exterior | | 0.28 | 0.119 | -2.4 |
| Frente de forjado | | 3.01 | 0.115 | -24.8 |
| Frente de forjado | | 4.44 | 0.044 | -13.9 |
| Frente de forjado | | 3.01 | 0.017 | -3.7 |
| Frente de forjado | | 9.33 | 0.334 | -222.9 |
| Cubierta plana | | 5.22 | 0.876 | -327.3 |
| | | | | -706.8 |

donde:

L: Longitud del puente térmico lineal.

y: Transmitancia térmica lineal del puente térmico.

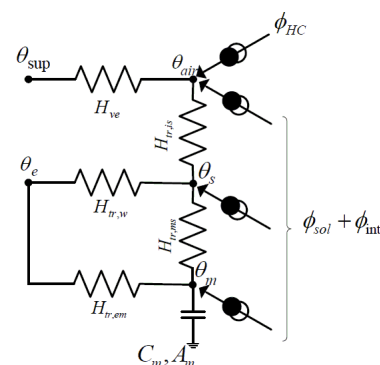
n: Número de puentes térmicos puntuales.

X: Transmitancia térmica puntual del puente térmico.

Q_{tr} : Calor intercambiado en el puente térmico a lo largo del año.

2.4.- Procedimiento de cálculo de la demanda energética.

El procedimiento de cálculo empleado consiste en la simulación anual de un modelo zonal del edificio con acoplamiento térmico entre zonas, mediante el método completo simplificado en base horaria de tipo dinámico descrito en UNE-EN ISO 13790:2011, cuya implementación ha sido validada mediante los tests descritos en la Norma EN 15265:2007 (Energy performance of buildings - Calculation of energy needs for space heating and cooling using dynamic methods - General criteria and validation procedures). Este procedimiento de cálculo utiliza un modelo equivalente de resistencia-capacitancia (R-C) de tres nodos en base horaria. Este modelo hace una distinción entre la temperatura del aire interior y la temperatura media radiante de las superficies interiores (revestimiento de la zona del edificio), permitiendo su uso en comprobaciones de confort térmico, y aumentando la exactitud de la consideración de las partes radiantes y convectivas de las ganancias solares, luminosas e internas.



La metodología cumple con los requisitos impuestos en el capítulo 5 de CTE DB HE 1, al considerar los siguientes aspectos:

- el diseño, emplazamiento y orientación del edificio;
- la evolución hora a hora en régimen transitorio de los procesos térmicos;
- el acoplamiento térmico entre zonas adyacentes del edificio a distintas temperaturas;
- las solicitaciones interiores, solicitaciones exteriores y condiciones operacionales especificadas en los apartados 4.1 y 4.2 de CTE DB HE 1, teniendo en cuenta la posibilidad de que los espacios se comporten en oscilación libre;
- las ganancias y pérdidas de energía por conducción a través de la envolvente térmica del edificio, compuesta por los cerramientos opacos, los huecos y los puentes térmicos, con consideración de la inercia térmica de los materiales;
- las ganancias y pérdidas producidas por la radiación solar al atravesar los elementos transparentes o semitransparentes y las relacionadas con el calentamiento de elementos opacos de la envolvente térmica, considerando las propiedades de los elementos, su orientación e inclinación y las sombras propias del edificio u otros obstáculos que puedan bloquear dicha radiación;
- las ganancias y pérdidas de energía producidas por el intercambio de aire con el exterior debido a ventilación e infiltraciones teniendo en cuenta las exigencias de calidad del aire de los distintos espacios y las estrategias de control empleadas.

Permitiendo, además, la obtención separada de la demanda energética de calefacción y de refrigeración del edificio.

ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

| | | | |
|----------------|----|-----|--------------------------------|
| Zona climática | C3 | Uso | CertificaciónVerificaciónNuevo |
|----------------|----|-----|--------------------------------|

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

| INDICADOR GLOBAL | | INDICADORES PARCIALES | | | | | |
|---|-------------------------------|---|---|---|---|---|---|
| <div><div><17.34 A</div><div>17.34-28.1 B</div><div>28.17-43.35 C</div><div>43.35-56.35 D</div><div>56.35-69.35 E</div><div>69.35-86.69 F</div><div>=>86.69 G</div></div> | <div><div>12,39 A</div></div> | CALEFACCIÓN | | ACS | | | |
| | | Emisiones calefacción (kgCO ₂ /m ² año) | A | Emisiones ACS (kgCO ₂ /m ² año) | A | | |
| | | 0,97 | | 2,19 | | | |
| | | REFRIGERACIÓN | | ILUMINACIÓN | | | |
| | | Emisiones globales (kgCO ₂ /m ² año) ¹ | | Emisiones refrigeración (kgCO ₂ /m ² año) | B | Emisiones iluminación (kgCO ₂ /m ² año) | B |
| | | | | 2,96 | | 6,28 | |

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

| | kgCO ₂ /m ² .año | kgCO ₂ /año |
|--|--|------------------------|
| Emisiones CO ₂ por consumo eléctrico | 14,10 | 7863,52 |
| Emisiones CO ₂ por combustibles fósiles | 17,39 | 9699,77 |

2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

| INDICADOR GLOBAL | | INDICADORES PARCIALES | | | |
|--|-------------------------------|---|---|---|---|
| <div><div><100.06 A</div><div>100.06-162 B</div><div>162.60-250. C</div><div>250.16-325.2 D</div><div>325.21-400.25 E</div><div>400.25-500.32 F</div><div>=>500.32 G</div></div> | <div><div>81,00 A</div></div> | CALEFACCIÓN | | ACS | |
| | | Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m²año) | A | Energía primaria no renovable ACS (kWh/m²año) | A |
| | | 5,71 | | 12,94 | |
| | | REFRIGERACIÓN | | ILUMINACIÓN | |
| | | Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m²año) | B | Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m²año) | B |
| 17,44 | 44,91 | | | | |
| Consumo global de energía primaria no renovable (kWh/m²año) ¹ | | | | | |

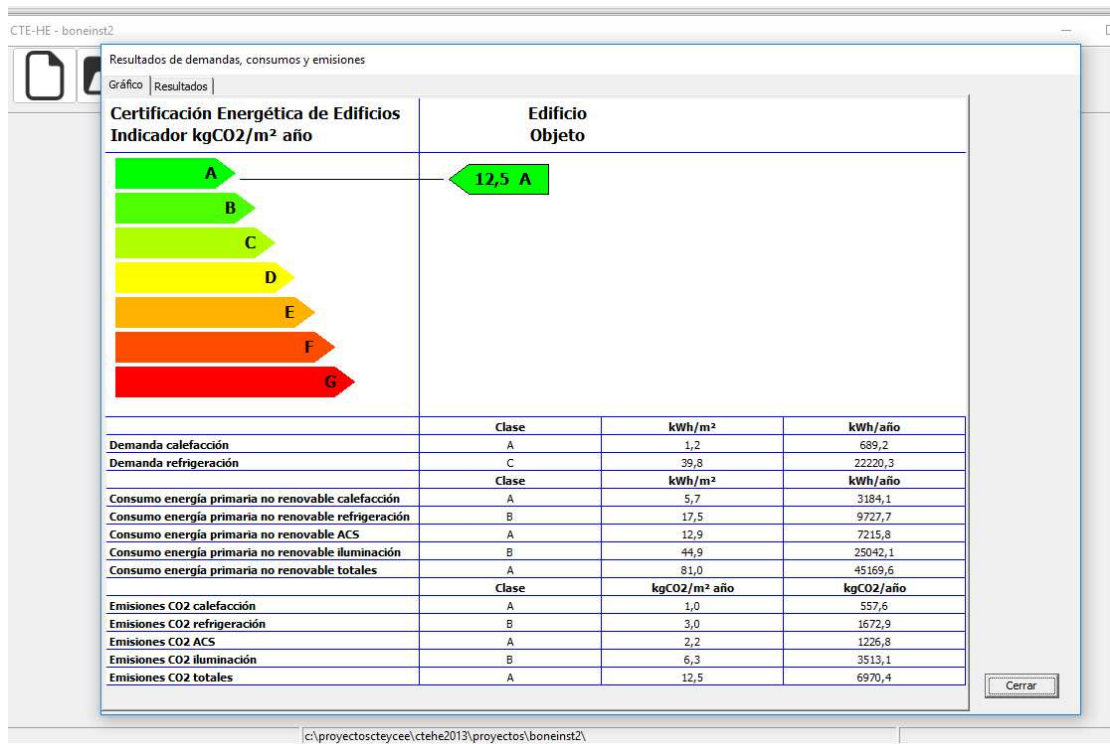
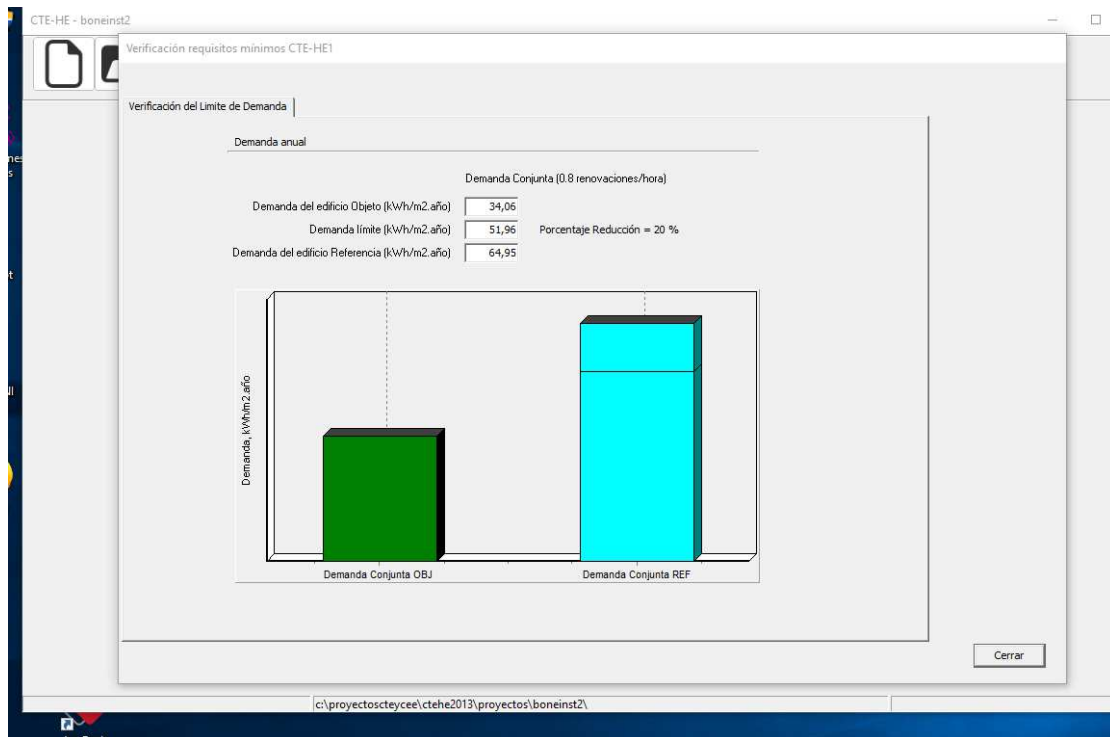
3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

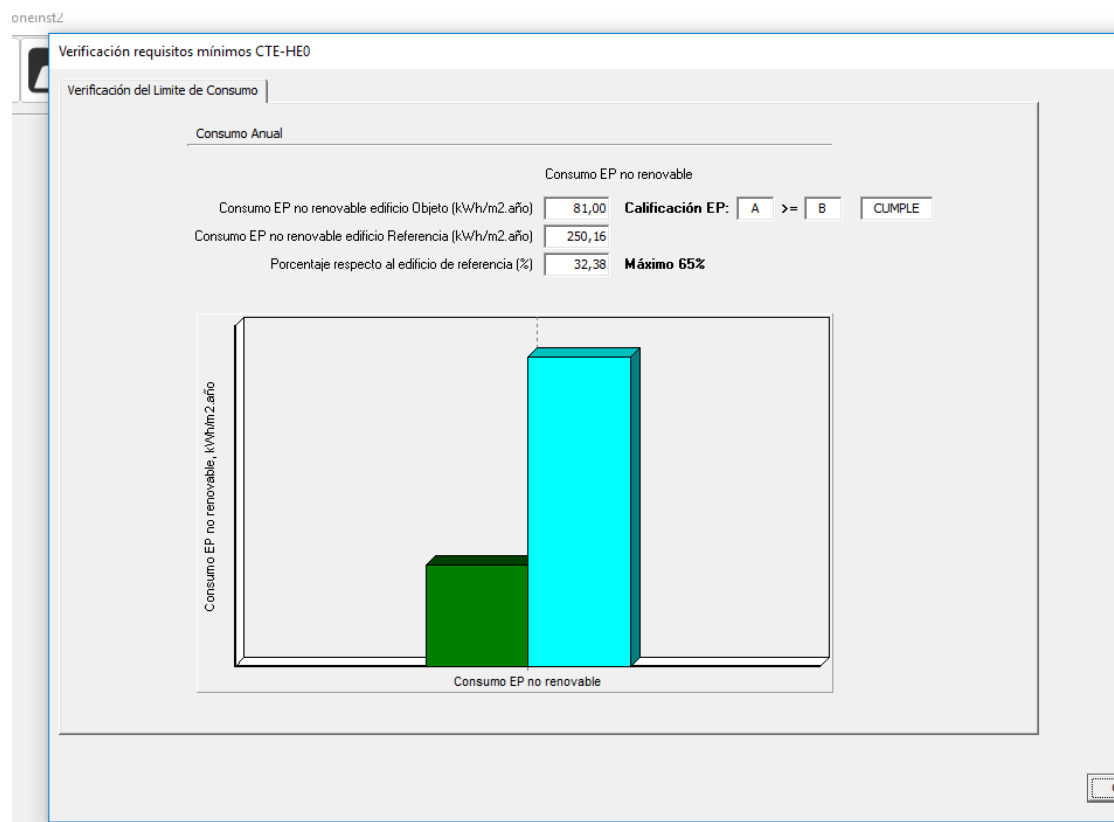
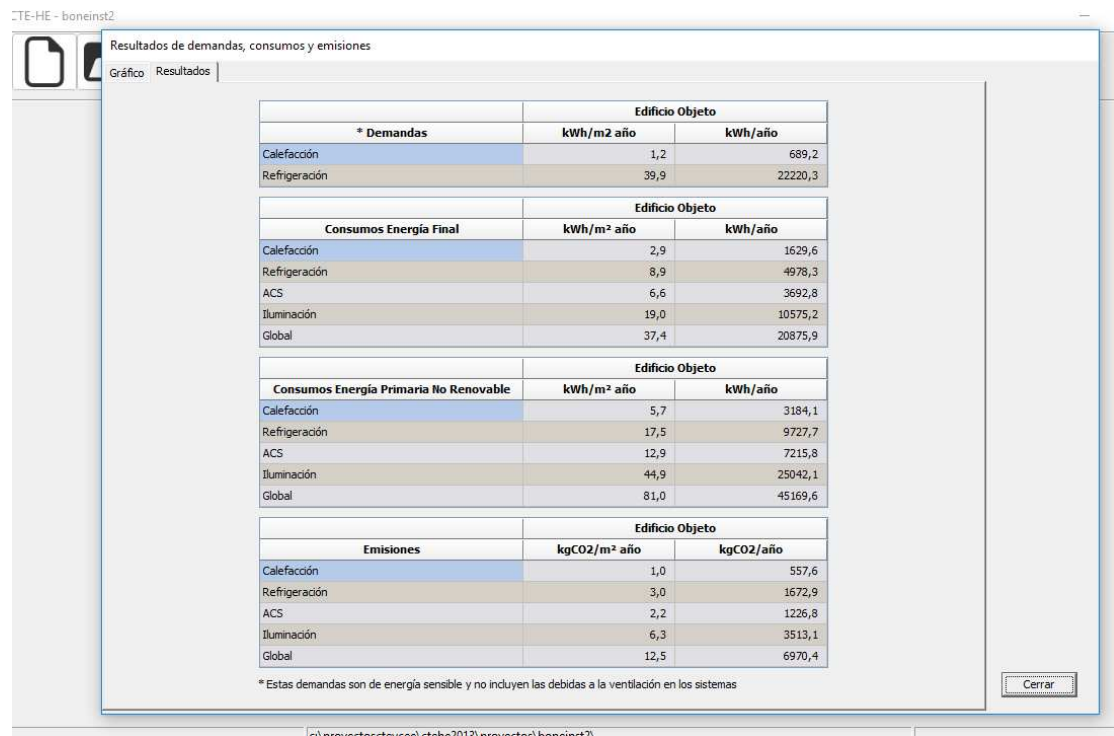
La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

| DEMANDA DE CALEFACCIÓN | | DEMANDA DE REFRIGERACIÓN | |
|--|------------------------------|---|-------------------------------|
| <div><div><6.71 A</div><div>6.71-10.90 B</div><div>10.90-16.77 C</div><div>16.77-21.80 D</div><div>21.80-26.83 E</div><div>26.83-33.54 F</div><div>=>33.54 G</div></div> | <div><div>1,24 A</div></div> | <div><div><20.12 A</div><div>20.12-32.6 B</div><div>32.69-50.30 C</div><div>50.30-65.39 D</div><div>65.39-80.48 E</div><div>80.48-100.60 F</div><div>=>100.60 G</div></div> | <div><div>39,85 C</div></div> |
| Demanda de calefacción (kWh/m²año) | | Demanda de refrigeración (kWh/m²año) | |

¹El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales.

GRAFICAS HULC CASO II





SIMULACIÓN CASO III

Solamente se muestran los resultados del HULC, ya que los de Cypecad Mep son los mismos que en el caso II.

ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

| | | | |
|-----------------------|----|------------|--------------------------------|
| Zona climática | C3 | Uso | CertificacionVerificacionNuevo |
|-----------------------|----|------------|--------------------------------|

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

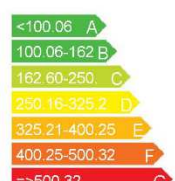
| INDICADOR GLOBAL | | INDICADORES PARCIALES | | | |
|---|--|---|---|---|---|
| <div><div><17.34 A</div><div>17.34-28.1 B</div><div>28.17-43.35 C</div><div>43.35-56.35 D</div><div>56.35-69.35 E</div><div>69.35-86.69 F</div><div>=>86.69 G</div></div> <div>7,76 A</div> | | CALEFACCIÓN | | ACS | |
| | | Emisiones calefacción (kgCO ₂ /m ² año) | A | Emisiones ACS (kgCO ₂ /m ² año) | A |
| | | 0,97 | | 1,34 | |
| | | REFRIGERACIÓN | | ILUMINACIÓN | |
| Emisiones globales (kgCO ₂ /m ² año) ¹ | | Emisiones refrigeración (kgCO ₂ /m ² año) | B | Emisiones iluminación (kgCO ₂ /m ² año) | B |
| | | 2.96 | | 6.28 | |

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

| | kgCO ₂ /m ² .año | kgCO ₂ /año |
|--|--|------------------------|
| Emisiones CO ₂ por consumo eléctrico | 14,10 | 7863,52 |
| Emisiones CO ₂ por combustibles fósiles | 17,39 | 9699,77 |

2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

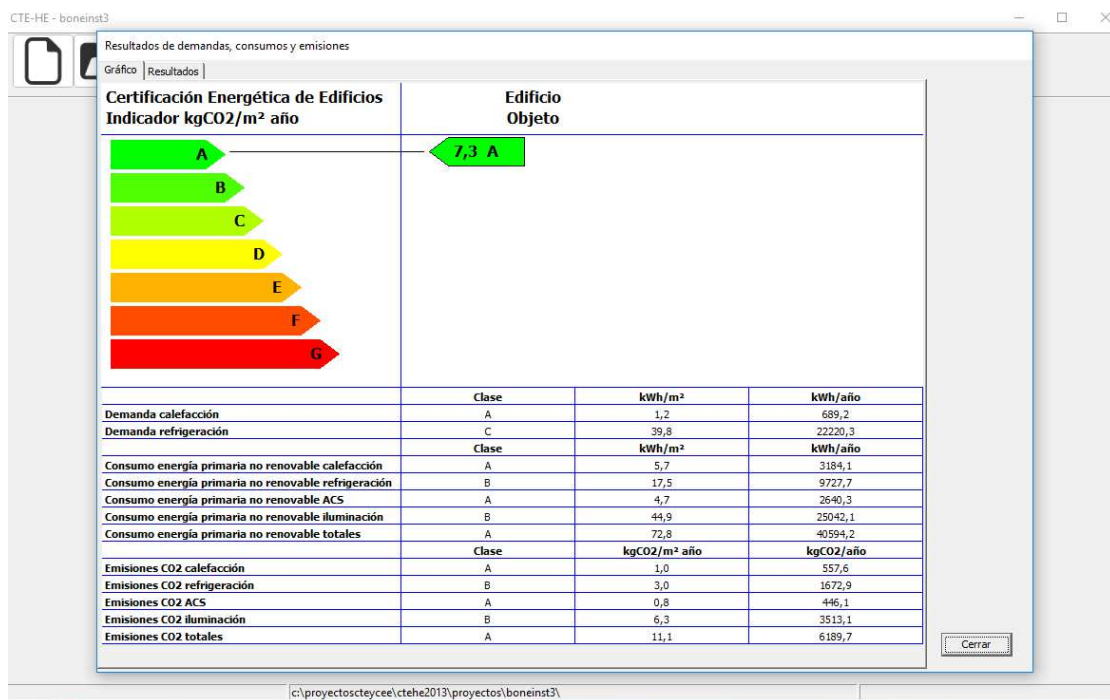
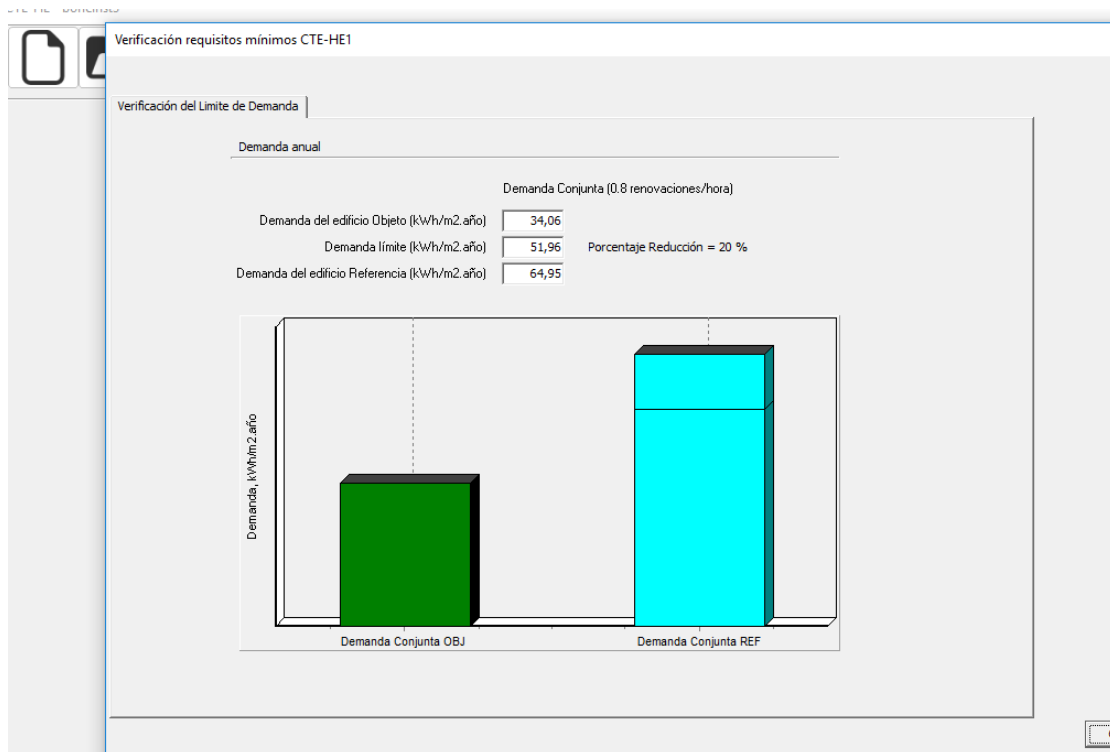
| INDICADOR GLOBAL | | INDICADORES PARCIALES | | | |
|---|---------|--|---|--|---|
|  | 63,68 A | CALEFACCIÓN | | ACS | |
| | | Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m² año) | A | Energía primaria no renovable ACS (kWh/m² año) | A |
| | | 5,71 | | 7,91 | |
| | | REFRIGERACIÓN | | ILUMINACIÓN | |
| | | Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m² año) | B | Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m² año) | B |
| | | 17,44 | | 44,91 | |
| Consumo global de energía primaria no renovable (kWh/m² año) ¹ | | | | | |

3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

| DEMANDA DE CALEFACCIÓN | | DEMANDA DE REFRIGERACIÓN | |
|--|-------------------|---|--------------------|
| <div><div><6.71 A</div><div>6.71-10.90 B</div><div>10.90-16.77 C</div><div>16.77-21.80 D</div><div>21.80-26.83 E</div><div>26.83-33.54 F</div><div>=>33.54 G</div></div> | <div>1,24 A</div> | <div><div><20.12 A</div><div>20.12-32.6 B</div><div>32.69-50.30 C</div><div>50.30-65.39 D</div><div>65.39-80.48 E</div><div>80.48-100.60 F</div><div>=>100.60 G</div></div> | <div>39,85 C</div> |
| Demanda de calefacción (kWh/m²año) | | Demanda de refrigeración (kWh/m²año) | |

¹El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales.



CTE-HE - boneinst3

Resultados de demandas, consumos y emisiones

Gráfico Resultados

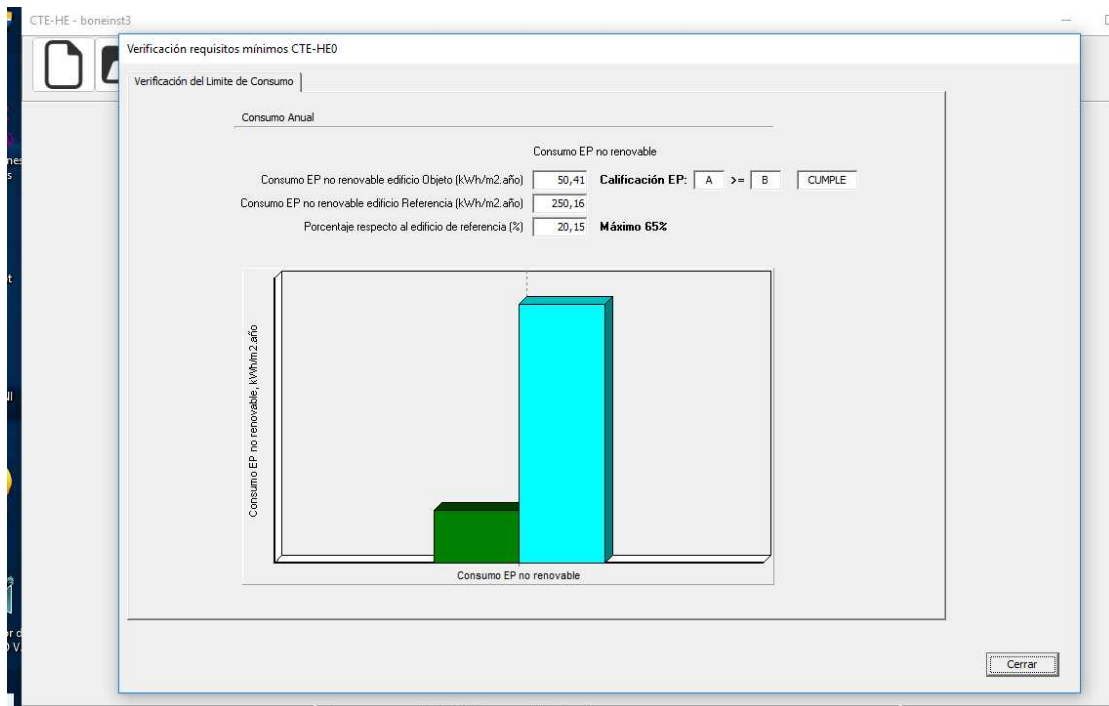
| * Demandas | Edificio Objeto | |
|---------------|------------------------|---------|
| | kWh/m ² año | kWh/año |
| Calefacción | 1,2 | 689,2 |
| Refrigeración | 39,9 | 22220,3 |

| Consumos Energía Final | Edificio Objeto | |
|------------------------|------------------------|---------|
| | kWh/m ² año | kWh/año |
| Calefacción | 2,9 | 1629,6 |
| Refrigeración | 8,9 | 4978,3 |
| ACS | 2,4 | 1351,3 |
| Iluminación | 19,0 | 10575,2 |
| Global | 33,2 | 18534,3 |

| Consumos Energía Primaria No Renovable | Edificio Objeto | |
|--|------------------------|---------|
| | kWh/m ² año | kWh/año |
| Calefacción | 5,7 | 3184,1 |
| Refrigeración | 17,5 | 9727,7 |
| ACS | 4,7 | 2640,3 |
| Iluminación | 44,9 | 25042,1 |
| Global | 72,8 | 40594,2 |

| Emisiones | Edificio Objeto | |
|---------------|---------------------------------------|------------------------|
| | kgCO ₂ /m ² año | kgCO ₂ /año |
| Calefacción | 1,0 | 557,6 |
| Refrigeración | 3,0 | 1672,9 |
| ACS | 0,8 | 446,1 |
| Iluminación | 6,3 | 3513,1 |
| Global | 11,1 | 6189,7 |

* Estas demandas son de energía sensible y no incluyen las debidas a la ventilación en los sistemas



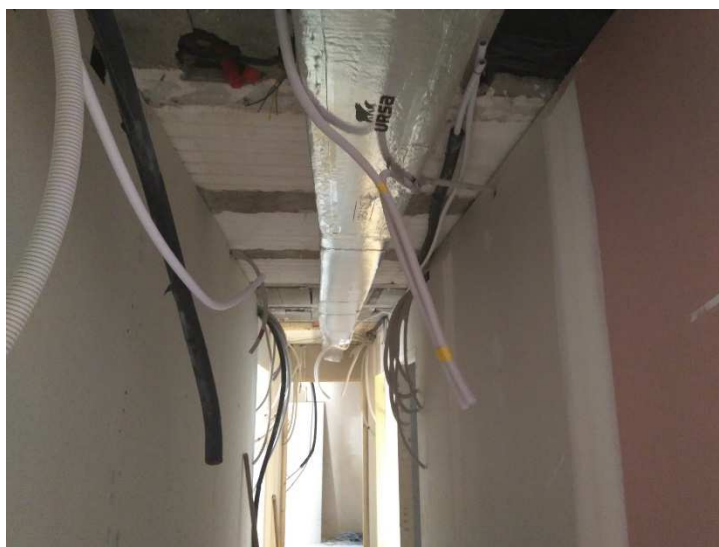
Anexo 3. Fotografías reales rehabilitación.

Se muestran fotografías reales de la rehabilitación energética llevada a cabo en este hostel.

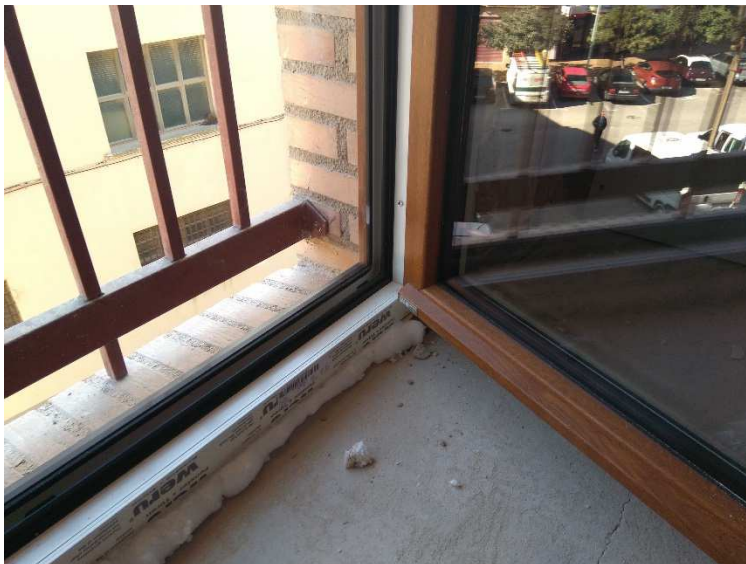
- Demoliciones
- Aislamiento bajo solado plantas
- Aislamiento entre tabiquillos de cubierta
- Conductos climatización
- Carpinterías altas prestaciones “Weru”
- Aislamiento bajo solado PBC
- Sellado carpinterías obra de fábrica
- Tuberías ventilación mecánica controlada (VMC).
- Válvula maxivent (ventilación saneamiento)
- Detalle aislamiento exterior fachadas tipo SATE
- Silenciador y repartidor VMC
- Instalaciones falsos techos
- Depósitos ACS
- Máquinas VMC
- Nuevas carpinterías exteriores
- Instalaciones patinillo comunicación plantas
- Detalle forrado exterior del aislamiento con carpinterías
- Conductos impulsión/extracción VMC
- Conexión tuberías agua con depósitos ACS
- Rejillas extracción exterior VMC
- Aislamiento exterior en fachadas tipo SATE

- Maquinaria en cuarto instalaciones
- Unidades exteriores climatización
- Unidad exterior ACS
- Unidad interior climatización
- Fachadas terminadas



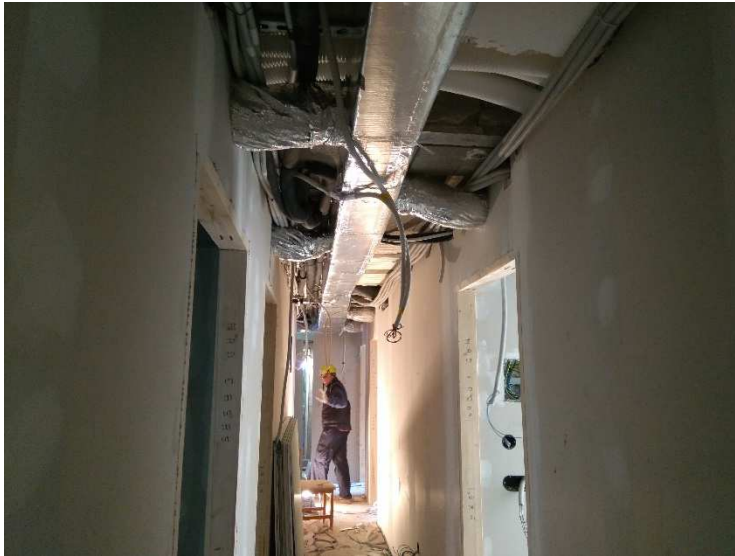




























Anexo 4. Presupuestos.

A continuación se muestran los presupuestos realizados para las valoraciones de los diferentes casos.

| 01 | Caso I | | | | | | | |
|-------|---|----|--------|------|------|--|--------|---------------|
| 01.01 | m2 AYUDAS ALBAÑ. EN HOTEL POR M2 Ud. Ayuda, en hotel por m2, de cualquier trabajo de albañilería necesario para la correcta ejecución y montaje de las instalaciones de ACS, calefacción (o climatización), ventilación, i/porcentaje estimado para consumo de pequeño material y empleo de medios auxiliares. | | | | | | | |
| | PS | 1 | 20,00 | | | | 20,00 | |
| | PB | 1 | 142,90 | | | | 142,90 | |
| | P1-P2 | 2 | 179,54 | | | | 359,08 | |
| | | | | | | | 521,98 | 2,01 1.049,18 |
| 01.02 | m² GUARNECIDO Y ENLUCIDO YESO VERTICALES m². Guarnecido con yeso grueso YG de 12 mm de espesor y enlucido de yeso fino YF de 1mm de espesor, en superficies verticales, i/rayado del yeso tosco antes de enlucir, formación de rincones, aristas y otros remates, guardavivos de chapa galvanizada, distribución de material en planta, limpieza posterior de los tajos y p.p. de costes indirectos, s/NTE/RPG-10 y 12. | | | | | | | |
| | Repasos carpintería fachada | 25 | 4,20 | 0,30 | | | 31,50 | |
| | | 8 | 4,80 | 0,40 | | | 15,36 | |
| | Tapado huecos A/A | 22 | 0,70 | | 0,50 | | 7,70 | |
| | Demolición alicatado | 1 | 75,58 | | | | 75,58 | |
| | PBC | 1 | 1,00 | | 2,50 | | 2,50 | |
| | | 2 | 1,00 | | 2,10 | | 4,20 | |
| | Tapado proyectado celulosa | 20 | 0,80 | | 1,50 | | 24,00 | |
| | | | | | | | 160,84 | 6,51 1.047,07 |
| 01.03 | m² GUARNECIDO Y ENLUCIDO YESO HORIZONTALES m². Guarnecido con yeso grueso YG de 12 mm de espesor y enlucido de yeso fino YF de 1mm de espesor, en superficies verticales, i/rayado del yeso tosco antes de enlucir, formación de rincones, aristas y otros remates, distribución de material en planta, limpieza posterior de los tajos y p.p. de costes indirectos, s/NTE/RPG-10 y 12. | | | | | | | |
| | Demolición falsos techos | 3 | 50,00 | | | | 150,00 | |
| | Repasos tubos extracción | 24 | 4,00 | 0,70 | | | 67,20 | |
| | | 6 | 2,00 | 0,70 | | | 8,40 | |
| | | 10 | 1,00 | 1,00 | | | 10,00 | |
| | | | | | | | 235,60 | 6,86 1.616,22 |
| 01.04 | Ud SISTEMA VMC ZEHNDER 350 M3/H Ud. para suministro y colocación de sistema de ventilación mecánica controlada de Zehnder colocado según planos y formado por el siguiente material: - 6 m de tubo Comfopipe DN 160 y 2 rejillas exterior DN160 - 4 uds de curva a 90 grados Comfopipe DN 160 incluso uniones macho - macho - 22 m de tubo flexible aislado DN 160 - Recuperador Comfoair Q350 con kit de montaje - 1 ud control Comfosense C55 con marco embellecedor - 1 ud silenciador Comfowell 6 con placa de distribución Comfowell 6 (6x90) - 82,5 m de tubo Comfotube 90 incluso tapones, juntas, racores de ensamblaje y regulador - 12 uds. de boca CLD 90 con rejilla Venezia CLD blanca | | | | | | | |



| | | | | | |
|--------------|---|---|------|-----------|-----------|
| | - 1 ud. de puesta en marcha por parte de un técnico zehnder, con arranque, equilibrado y formación básica. | | | | |
| | PB | 1 | 1,00 | | |
| | | | 1,00 | 7.431,00 | 7.431,00 |
| 01.05 | Ud SISTEMA VMC ZEHNDER 600 M3/H | | | | |
| | Ud. para suministro y colocación de sistema de ventilación mecánica controlada de Zehnder colocado según planos y formado por el siguiente material: | | | | |
| | - 6 m de tubo Comfopipe DN 180 y 2 rejillas exterior DN180 | | | | |
| | - 4 uds de curva a 90 grados Comfopipe DN 180 incluso uniones macho - macho | | | | |
| | - 13 m de tubo flexible aislado DN 180 | | | | |
| | - Recuperador Comfoair Q600 con kit de montaje | | | | |
| | - 1 ud control Comfosense C55 con marco embellecedor | | | | |
| | - 1 ud silenciador Comfowell 10 con placa de distribución Comfowell 10 (10x90) | | | | |
| | - 172 m de tubo Comfotube 90 incluso tapones, juntas, racores de ensamblaje y regulador | | | | |
| | - 12 uds. de boca CLD 90 con rejilla Venezia CLD blanca | | | | |
| | - 1 ud. de puesta en marcha por parte de un técnico zehnder, con arranque, equilibrado y formación básica. | | | | |
| | P1 | 1 | 1,00 | | |
| | P2 | 1 | 1,00 | | |
| | | | 2,00 | 9.500,00 | 19.000,00 |
| 01.06 | Ud AEROTERMIA DAYKIN ALTHERMA 14 kW | | | | |
| | ud. bomba de calor aerotérmica de alta temperatura hasta 80 °C para ACS y calefacción DAYKIN altherma formada por una unidad exterior ERSQ014AV1 con un COP de 3,00 combinable con unidad interior hidrokit EKHBRD014ADV17 con 2 termos de acumulación de 500 l EKHWP500B. Distancia máxima de conductos de gas y líquido 20 m desnivel máximo entre unidades de 15m. Diámetro de las conducciones de líquido y gas 1/4" y 3/8". Alimentación eléctrica monofásica 220V, inclusokit de drenaje y kit de conexión con depósitos. | | | | |
| | | 1 | 1,00 | | |
| | | | 1,00 | 13.407,10 | 13.407,10 |
| 01.07 | m Línea frigorífica doble realizada con tubería flexible de cobre | | | | |
| | Suministro e instalación de línea frigorífica doble realizada con tubería flexible de cobre sin soldadura, formada por un tubo para líquido de 1/4" de diámetro y 0,8 mm de espesor con aislamiento de 9 mm de espesor y un tubo para gas de 3/8" de diámetro y 0,8 mm de espesor con aislamiento de 9 mm de espesor, teniendo el cobre un contenido de aceite residual inferior a 4 mg/m y siendo el aislamiento de coquilla flexible de espuma elastomérica con revestimiento superficial de película de polietileno, para una temperatura de trabajo entre -45 y 100°C, suministrada en rollo, para conexión entre las unidades interior y exterior. Incluso p/p de cortes, eliminación de rebabas, protección de los extremos con cinta aislante, realización de curvas, abocardado, vaciado del circuito, carga de gas refrigerante, accesorios, sifones, soportes y fijaciones. Totalmente montada, conexionada y probada. Incluye: Replanteo del recorrido de la línea. Montaje y fijación de la línea. Montaje de accesorios. Vaciado para su carga. Carga del gas refrigerante. Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto. | | | | |



Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.

| | | | | | | |
|--------------|--|-----|--------|--------|----------|-----------|
| | PBC | 1 | 10,00 | 10,00 | | |
| | | | | 10,00 | 12,45 | 124,50 |
| 01.08 | Ud CLIMATIZADOR CONDUCTOS DAIKIN BQSG140D | | | | | |
| | ud. Climatizador de conductos para servicio de calefacción y refrigeración DAYKIN BQSG140D Sky air inverter con capacidad frigorífica 13,40 kW, capacidad calorífica 15,50 kW COP 3,41 EER 3,06 Caudal máximo de aire 2040 m³/h formada por una unidad exterior RZQSG140L9V1 y una unidad interior FBQ140D. Distancia máxima de conductos de gas y líquido 30 m desnivel máximo entre unidades de 20m. Diámetro de las conducciones de líquido y gas 3/8" y 5/8". Compresor rotativo, y sistema de sistema antihielo y desescarche. Mando a distancia por infrarrojos con programador, función frío, calor, deshumidificación y automático. Alimentación eléctrica monofásica 220V. | | | | | |
| | | 3 | | 3,00 | | |
| | | | | 3,00 | 5.478,40 | 16.435,20 |
| 01.09 | m Línea frigorífica doble realizada con tubería flexible de cobre | | | | | |
| | Suministro e instalación de línea frigorífica doble realizada con tubería flexible de cobre sin soldadura, formada por un tubo para líquido de 3/8" de diámetro y 0,8 mm de espesor con aislamiento de 9 mm de espesor y un tubo para gas de 5/8" de diámetro y 0,8 mm de espesor con aislamiento de 9 mm de espesor, teniendo el cobre un contenido de aceite residual inferior a 4 mg/m y siendo el aislamiento de coquilla flexible de espuma elastomérica con revestimiento superficial de película de polietileno, para una temperatura de trabajo entre -45 y 100°C, suministrada en rollo, para conexión entre las unidades interior y exterior. Incluso p/p de cortes, eliminación de rebabas, protección de los extremos con cinta aislante, realización de curvas, abocardado, vaciado del circuito, carga de gas refrigerante, accesorios, sifones, soportes y fijaciones. Totalmente montada, conexionada y probada. Incluye: Replanteo del recorrido de la línea. Montaje y fijación de la línea. Montaje de accesorios. Vaciado para su carga. Carga del gas refrigerante. | | | | | |
| | Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto. | | | | | |
| | Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto. | | | | | |
| | P segunda | 1 | 23,00 | 23,00 | | |
| | P primera | 1 | 26,00 | 26,00 | | |
| | P baja | 1 | 20,00 | 20,00 | | |
| | | | | 69,00 | 14,85 | 1.024,65 |
| 01.10 | m² CANALIZACIÓN FIBRA VIDRIO CLIMAVER PLATA | | | | | |
| | m². Canalización de aire realizado con placas de fibra de vidrio Climaver Plata de 25 mm, i/embocaduras, derivaciones, elementos de fijación y piezas especiales, S/NTE-ICI-22. | | | | | |
| | | 1,4 | 154,19 | 215,87 | | |
| | | | | 215,87 | 29,97 | 6.469,62 |
| 01.11 | u REGULACIÓN CLIMATIZACIÓN AIRZONE PB | | | | | |
| | Ud. para suministro e instalación de sistema de regulación de la instalación de climatización de la marca Airzone compuesto por los siguientes elementos: | | | | | |
| | - 1 ud de centría de sistema Airzone Innobus PRO32 32Z | | | | | |
| | - 1 ud. de pasarela de comunicaciones Q-Adapt Daikin-Airzone | | | | | |
| | - 1 ud. de termostato inteligente Airzone Blueface 32Z | | | | | |
| | - 5 ud de termostato monocromo Airzone Lite | | | | | |
| | - 6 ud de módulo de zonificación 32Z cable Airzone para el control de apertura-cierre del elemento motorizado y comunicación con el | | | | | |



| | | | | |
|--------------|---|-----|------|--------------------|
| | termostato | | | |
| | - 6 ud de rejilla inteligente Airzone 250x150 aluminio lacado blanco de impulsión de triple deflexión, con lamas horizontales motorizadas con motor a 12 V y con regulación de caudal. | | | |
| | - 6 ud de rejilla Airzone simple deflexión retorno 250x150 en aluminio lacado blanco | | | |
| | - Incluso p.p. de webserver Airzone Cloud Ethernet y cable bus apantallado | | | |
| | | 1,4 | 1,40 | |
| | | | 1,40 | 2.360,00 3.304,00 |
| 01.12 | Ud REGULACIÓN CLIMATIZACIÓN AIRZONE P1-P2 | | | |
| | Ud. para suministro e instalación de sistema de regulación de la instalación de climatización de la marca Airzone compuesto por los siguientes elementos: | | | |
| | - 1 ud de centría de sistema Airzone Innobus PRO32 32Z | | | |
| | - 1 ud. de pasarela de comunicaciones Q-Adapt Daikin-Airzone | | | |
| | - 1 ud. de termostato inteligente Airzone Blueface 32Z | | | |
| | - 9 ud de termostato monocromo Airzone Lite | | | |
| | - 10 ud de módulo de zonificación 32Z cable Airzone para el control de apertura-cierre del elemento motorizado y comunicación con el termostato | | | |
| | - 10 ud de rejilla inteligente Airzone 250x150 aluminio lacado blanco de impulsión de triple deflexión, con lamas horizontales motorizadas con motor a 12 V y con regulación de caudal. | | | |
| | - 10 ud de rejilla Airzone simple deflexión retorno 250x150 en aluminio lacado blanco | | | |
| | - Incluso p.p. de webserver Airzone Cloud Ethernet y cable bus apantallado | | | |
| | P1 | 1,4 | 1,40 | |
| | P2 | 1,4 | 1,40 | |
| | | | 2,80 | 3.670,00 10.276,00 |
| | TOTAL 01 | | | 81.184,54 |

| 02 | | Caso II | | | |
|-------|---|---------|------|--------|----------|
| 02.01 | m² TRASDOSADO AUTOPORT. KNAUF W625 (15+48) C/AISL. | | | | |
| | m ² . Trasdoso autoportante W625 formado por una placa Knauf Tipo A Standard de 15 mm de espesor, atornillada a una estructura metálica de acero galvanizado de canales horizontales y montantes verticales de 48x30 y 0,6 mm de espesor, con una modulación de 600 mm e/e y fijadas al muro portante con anclajes directos cada 1,50 m, incluso aislamiento con panel semirrígido de lana de roca Acustilane E de 50 mm, y p.p. de pasta y cinta para juntas, tornillos fijaciones, banda acústica bajo los perfiles perimetrales..., totalmente terminado y listo para imprimir y decorar. | | | | |
| | PB, ropero | 2 | 3,15 | 2,50 | 15,75 |
| | | 1 | 1,00 | 2,50 | 2,50 |
| | Habitación 1 | 1 | 3,35 | 2,50 | 8,38 |
| | Escalera 2 | 1 | 5,25 | 2,50 | 13,13 |
| | Escalera 1 | 1 | 3,15 | 2,50 | 7,88 |
| | Ascensor | 1 | 1,95 | 2,50 | 4,88 |
| | | 1 | 1,75 | 2,50 | 4,38 |
| | Deducir puerta | -1 | 1,00 | 2,20 | -2,20 |
| | P1-P2, ropero | 2 | 2,20 | 2,50 | 11,00 |
| | Deducir puerta | -2 | 0,80 | 2,00 | -3,20 |
| | Ascensor | 2 | 4,60 | 2,50 | 23,00 |
| | Deducir puerta | -2 | 1,00 | 2,20 | -4,40 |
| | Escalera 2 | 2 | 5,25 | 2,50 | 26,25 |
| | Hab. 7-16 | 2 | 3,50 | 2,50 | 17,50 |
| | Hab. 15-24 | 2 | 5,35 | 2,50 | 26,75 |
| | PBC | 1 | 7,00 | 2,50 | 17,50 |
| | Deducir puerta | -1 | 0,80 | 2,00 | -1,60 |
| | | | | 167,50 | 24,08 |
| 02.02 | m² TRASDOSADO AUTOPORT. KNAUF W625 (15+48) C/AISL. ANTIHUMEDAD | | | | |
| | m ² . Trasdoso autoportante W625 formado por una placa Knauf Tipo H1 de 15 mm de espesor, atornillada a una estructura metálica de acero galvanizado de canales horizontales y montantes verticales de 48x30 y 0,6 mm de espesor, con una modulación de 600 mm e/e y fijadas al muro portante con anclajes directos cada 1,50 m, incluso aislamiento con panel semirrígido de lana de roca Acustilane E de 50 mm, y p.p. de pasta y cinta para juntas, tornillos fijaciones, banda acústica bajo los perfiles perimetrales..., totalmente terminado y listo para imprimir y decorar. | | | | |
| | PB, aseo 1 | 1 | 1,90 | 2,50 | 4,75 |
| | Aseo 1 con ropero | 1 | 1,00 | 2,50 | 2,50 |
| | Ascensor | 1 | 2,80 | 2,50 | 7,00 |
| | P1-P2, aseo 7 y 16 | 2 | 1,60 | 2,50 | 8,00 |
| | Aseo 15 y 24 | 2 | 1,25 | 2,50 | 6,25 |
| | Ropero | 2 | 3,60 | 2,50 | 18,00 |
| | Ascensor | 2 | 2,75 | 2,50 | 13,75 |
| | | | | 60,25 | 28,82 |
| 02.03 | m² TABIQUE KNAUF W112 98/600(2*12,5+48+2*12,5) C/AISL. DF CORTAFUEGO | | | | |
| | m ² . Tabique Knauf W112 formado por dos placas Knauf Tipo DF cortafuego de 12,5 mm de espesor, atornillada a cada lado de la estructura metálica de acero galvanizado de canales horizontales y montantes verticales de 48x30 y 0,6 mm de espesor, con una modulación de 600 mm e/e, incluso aislamiento con panel semirrígido de lana de roca Acustilane E de 50 mm, y p.p. de pasta y cinta para juntas, tornillos, fijaciones, banda acústica bajo los perfiles perimetrales..., totalmente terminado y listo para imprimir y decorar. | | | | |
| | Escalera 2 | 3 | 4,00 | 2,50 | 30,00 |
| | | | | 30,00 | 60,56 |
| 02.04 | m² AISLAM. SOLERA/FORJADO ROCKSOL-E 2 525 de 4 cm | | | | |
| | m ² . de suministro y colocación de aislamiento térmico y acústico en forjados / bajo solera mediante placas rígidas lana de roca Rocksol-E 2 | | | | |
| | | | | | 1.816,80 |



Treball de Final de Grau (TFG)
REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE UN HOSTAL

| | | | | | | |
|-------|---|----|--------|------|--------|----------------|
| | 525 de 4 cm, debajo de solera o encima de forjado. | | | | | |
| | PB | 1 | 135,00 | | 135,00 | |
| | P1-P2 | 2 | 182,00 | | 364,00 | |
| | Balcón P2 | 1 | 19,20 | 0,40 | 7,68 | |
| | | 6 | 1,20 | 0,45 | 3,24 | |
| | | | | | 509,92 | 14,43 7.358,15 |
| 02.05 | m² AISLAMIENTO ALPHAROCK-E-225 DE 50 mm m ² . de suministro y colocación de aislamiento térmico y acústico en parte inferior de forjados o medianeras mediante panel semirrigido lana de roca Alpharock-E -225 de 5 cm, colocado mediante fijación mecánica, totalmente instalado. | | | | | |
| | Techo P3 | 1 | 30,00 | | 30,00 | |
| | | | | | 30,00 | 11,30 339,00 |
| 02.06 | m² AISL. POLIEST. EXTR. CHOVAFOAM 300 M DE 10 CM m ² . Aislamiento térmico en cubiertas transitable o bajo solera con placa rígida de poliestireno extrusionado machihembrado CHOVAFOAM 300 M, de 100 mm de espesor, totalmente colocado, incluso capa inferior y superior de geotextil. | | | | | |
| | PBC | 1 | 45,00 | | 45,00 | |
| | Terrazas | 2 | 9,00 | | 18,00 | |
| | | | | | 63,00 | 26,78 1.687,14 |
| 02.07 | m² AISLAMIENTO CELULOSA 20 CM M2. de suministro y colocación de aislamiento soplado de celulosa ISOCELL AISLAHOME en bajocubierta. Conductividad térmica 0,039 w/mK. Reacción al fuego ignífugo - clase B-S2-d0. Permeabilidad al vapor de agua (mu) de 1 a 2. Capacidad térmica específica 2110 J/kgK. Densidad aplicada 45 kg/m3. Componentes de papel reciclado y molido con aditivos. Homologación ETA-06/0076 con 5 años de garantía, incluso posible apertura de huecos en cubierta para su perfecta colocación. | | | | | |
| | PBC | 1 | 114,00 | | 114,00 | |
| | | | | | 114,00 | 14,74 1.680,36 |
| 02.08 | m² AIS. CUB. INC. ROCKCIEL-E 444 de 10,5 CM m ² . suministro y colocación de panel rígido de doble densidad de lana de roca Rockciel-E 444 de 10,5 cm de espesor de 150 Kg/m3 la capa superior y 95 kg/m3 la capa inferior, cumpliendo la norma UNE EN 13162 Productos Aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación con una conductividad térmica de 0,036 W / (m•K), clase de reacción al fuego A1, incluso lámina transpirable sobre aislamiento. | | | | | |
| | Cubierta escalera 2 | 1 | 18,00 | | 18,00 | |
| | | | | | 18,00 | 30,55 549,90 |
| 02.09 | m² RECIBIDO CERCOS MURO EXTERIOR A REVESTIR m ² . Recibido de cercos o precercos de cualquier material en muro de cerramiento exterior para revestir, utilizando mortero de cemento M10 según UNE-EN 998-2, totalmente colocado y aplomado, i/p.p. de medios auxiliares. | | | | | |
| | PB | 7 | 1,20 | 2,10 | 17,64 | |
| | | 1 | 1,20 | 1,20 | 1,44 | |
| | P1-P2 | 18 | 1,20 | 2,10 | 45,36 | |
| | | 7 | 1,20 | 1,20 | 10,08 | |
| | | | | | 74,52 | 13,08 974,72 |



| | | | | | | | | | |
|-------|---|-----------------------------|----|--------|------|--------|--------|-------|----------|
| 02.10 | m2 AYUDAS ALBAÑ. EN HOTEL POR M2 Ud. Ayuda, en hotel por m2, de cualquier trabajo de albañilería necesario para la correcta ejecución y montaje de las instalaciones de ACS, calefacción (o climatización), ventilación, i/porcentaje estimado para consumo de pequeño material y empleo de medios auxiliares. | PS | 1 | 20,00 | | 20,00 | | | |
| | | PB | 1 | 142,90 | | 142,90 | | | |
| | | P1-P2 | 2 | 179,54 | | 359,08 | | | |
| | | | | | | | 521,98 | 2,01 | 1.049,18 |
| | | | | | | | | | |
| 02.11 | m² GUARNECIDO Y ENLUCIDO YESO VERTICALES m². Guarnecido con yeso grueso YG de 12 mm de espesor y enlucido de yeso fino YF de 1mm de espesor, en superficies verticales, i/rayado del yeso tosco antes de enlucir, formación de rincones, aristas y otros remates, guardavivos de chapa galvanizada, distribución de material en planta, limpieza posterior de los tajos y p.p. de costes indirectos, s/NTE/RPG-10 y 12. | Repasos carpintería fachada | 25 | 4,20 | 0,30 | 31,50 | | | |
| | | | 8 | 4,80 | 0,40 | 15,36 | | | |
| | | Tapado huecos A/A | 22 | 0,70 | | 7,70 | 0,50 | | |
| | | Demolición alicatado | 1 | 75,58 | | 75,58 | | | |
| | | PBC | 1 | 1,00 | | 2,50 | 2,50 | | |
| | | | 2 | 1,00 | | 2,10 | 4,20 | | |
| | | Tapado proyectado celulosa | 20 | 0,80 | | 1,50 | 24,00 | | |
| | | | | | | | 160,84 | 6,51 | 1.047,07 |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| 02.12 | m² GUARNECIDO Y ENLUCIDO YESO HORIZONTALES m². Guarnecido con yeso grueso YG de 12 mm de espesor y enlucido de yeso fino YF de 1mm de espesor, en superficies verticales, i/rayado del yeso tosco antes de enlucir, formación de rincones, aristas y otros remates, distribución de material en planta, limpieza posterior de los tajos y p.p. de costes indirectos, s/NTE/RPG-10 y 12. | Demolición falsos techos | 3 | 50,00 | | 150,00 | | | |
| | | Repasos tubos extracción | 24 | 4,00 | 0,70 | 67,20 | | | |
| | | | 6 | 2,00 | 0,70 | 8,40 | | | |
| | | | 10 | 1,00 | 1,00 | 10,00 | | | |
| | | | | | | | 235,60 | 6,86 | 1.616,22 |
| 02.13 | m² REV. FACHADA SISTEMA SATE/ETICS PUMA TRADITERM de 3 CM m². Revestimiento de fachadas sistema SATE/ETICS (4.2.4 del CEC) con revestimiento continuo, sin cámara de aire, aislamiento por el exterior, sistema TRADITERM del Grupo Puma, compuesta por: 1) Soporte base: Capa de mortero de regularización 2) Capa de mortero hidráulico TRADITERM de gran adherencia (0,8 N/mm²) utilizado como adhesivo y revestimiento de placas, impermeable al agua W2 y no propaga la llama A1, siendo permeable al vapor de agua <15. 3) Aislamiento con panel rígido de lana de roca ROCKSATE CONTORNO de 3 cm de espesor (Lambda=0.035 W/mK, absorción de agua <1,0 kg/m²), recibido al soporte con tacos tipo seta 4) Tacos de anclajes mecánicos tipo seta y perfiles de arranque y esquina 5) Capa de mortero TRADITERM 6) Malla de fibra de vidrio con tratamiento anti-alcalis 160 gr/m² 7) Capa de mortero TRADITERM 8) Fondo MORCEMCRIL 9) Mortero acrílico MORCEMCRIL Totalmente terminada. | Balcones | 6 | 5,30 | 0,40 | 12,72 | | | |
| | | | 18 | 6,50 | 0,40 | 46,80 | | | |
| | | Ventanas | 8 | 4,80 | 0,40 | 15,36 | | | |
| | | | | | | | 74,88 | 71,15 | 5.327,71 |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |



02.14

m² REV. FACHADA SISTEMA SATE/ETICS PUMA TRADITERM de 10 CM

m². Revestimiento de fachadas sistema SATE/ETICS (4.2.4 del CEC) con revestimiento continuo, sin cámara de aire, aislamiento por el exterior, sistema TRADITERM del Grupo Puma, compuesta por:

- 1) Soporte base: Capa de mortero para regularización
 - 2) Capa de mortero hidráulico TRADITERM de gran adherencia (0,8 N/mm²) utilizado como adhesivo y revestimiento de placas, impermeable al agua W2 y no propaga la llama A1, siendo permeable al vapor de agua <15.
 - 3) Aislamiento con panel rígido de lana de roca ROCKSATE DUO PLUS de 10 cm de espesor (Lambda=0.035 W/mK, absorción de agua <1,0 kg/m²), recibido al soporte con tacos tipo seta
 - 4) Tacos de anclajes mecánicos tipo seta y perfiles de arranque y esquina
 - 5) Capa de mortero TRADITERM
 - 6) Malla de fibra de vidrio con tratamiento anti-alkalis 160 gr/m²
 - 7) Capa de mortero TRADITERM
 - 8) Fondo MORCEMCRIL
 - 9) Mortero acrílico MORCEMCRIL
- Totalmente terminada.

| | | | | |
|----------------------|-----|-------|------|--------|
| | 1 | 14,00 | 8,80 | 123,20 |
| | 1 | 5,35 | 8,80 | 47,08 |
| | 1 | 8,50 | 8,80 | 74,80 |
| | 1 | 17,60 | 8,40 | 147,84 |
| Entrada PB | 2 | 1,20 | 2,50 | 6,00 |
| | 1 | 1,50 | 1,20 | 1,80 |
| Alero | 1 | 14,00 | 0,40 | 5,60 |
| | 1 | 5,80 | 0,40 | 2,32 |
| | 1 | 9,00 | 0,20 | 1,80 |
| | 1 | 17,80 | 0,40 | 7,12 |
| Balcón | 1 | 20,00 | 0,40 | 8,00 |
| Inferior saliente | 1 | 9,00 | 1,20 | 10,80 |
| Deducir | -24 | 1,20 | 2,10 | -60,48 |
| | -1 | 1,50 | 2,30 | -3,45 |
| | -8 | 1,20 | 1,20 | -11,52 |
| PBC, paredes terraza | 2 | 3,75 | 2,00 | 15,00 |

375,91 79,91 30.038,97

02.15

m² MONTAJE Y DESMONTAJE ANDAMIO EUROPEO HASTA 25 m

m². Andamio tubular convencional apto para trabajos hasta una altura de 25 m, consistente en: suministro en alquiler (1 mes), montaje y desmontaje, separación al paramento de 20-25 cm aproximadamente, amarres a huecos mediante husillos con tacos de madera contrachapada y control periódico de su tensión y amarres a partes resistentes con tacos de expansión, químicos, especiales para ladrillo u hormigón, etc., colocados cada 12 m², con una resistencia a tracción de 300 kg, red de protección para caída de materiales, preparación de base, placas de apoyo al suelo sobre tacos de madera o durmientes, de acuerdo con la capacidad de carga de la solera, accesos de plataformas con trampilla y escaleras abatibles en su interior, barandilla exterior con dos barras y rodapie, barandilla interior con 1 barra, todo según detalle de planos de montaje y la normativa de obligado cumplimiento sobre andamiajes.

| | | | |
|---|-------|-------|--------|
| 1 | 14,00 | 9,50 | 133,00 |
| 1 | 14,00 | 2,00 | 28,00 |
| 1 | 5,00 | 9,50 | 47,50 |
| 1 | 5,00 | 2,00 | 10,00 |
| 1 | 8,50 | 12,50 | 106,25 |
| 1 | 17,70 | 8,00 | 141,60 |

466,35 8,45 3.940,66

02.16

u VENTANA/BALCÓN PVC IM. MADERA/BLANCA 1,18x2,10 M

Ud. de suministro y colocación de Ventana de PVC WERU sistema AFINO-one MD de 1,18 x 2,20 m color blanco por el interior e



imitación madera por el exterior, con perfil de 6 cámaras, grueso 86 mm en marco y hoja, refuerzo perimetral de acero galvanizado conforme a normativa RAL GZ 716/1, Coef. $U_f=1,0 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ según EN ISO 10077-2. Acristalamiento triple Weru Klima-Therm composición 4/12A/4/12A/4* con insuflación de gas Argón y tratamiento bajo emisivo, $U_g=0,7 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ según DIN EN ISO 10077-1, aislamiento acústico 33 dB, factor $g=53\%$ según DIN EN 410, transmisión luminosa 74% según DIN EN 410 y vidrios laminados con butiral en cara interior y/o exterior para protección frente a impactos según DB-SUA 1 punto 1.3. Goma de marco y hoja continua. Coef. del distanciador de vidrio $\Psi=0,039 \text{ W/(mK)}$, incluso tapajuntas interiores.

Coef. U para toda la ventana $U_w=0,89 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ según DIN EN ISO 10077-1, Resistencia la viento, C5/B5 para ventanas de una hoja, C4/B4 para ventanas de dos hojas sin montante. Estanqueidad al agua clase E750. Permeabilidad al aire clase 4.

Se requerirán certificados por instituto externo del conjunto de la ventana según la norma EN-14351.

Montado sobre premarco de madera en obra según protocolo de montaje CASAS-WERU Passivhaus, cintas de hermeticidad según capa hermética, control de barrera de vapor y continuidad a la capa aislante.

24

24,00

24,00 1.086,61 26.078,64

02.17

u VENTANA PVC IM. MADERA/BLANCA 1,18x1,20 M

Ud. de suministro y colocación de Ventana de PVC WERU sistema AFINO-one MD de 1,18 x 1,20 m color blanco por el interior e imitación madera por el exterior, con perfil de 6 cámaras, grueso 86 mm en marco y hoja, refuerzo perimetral de acero galvanizado conforme a normativa RAL GZ 716/1, Coef. $U_f=1,0 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ según EN ISO 10077-2. Acristalamiento triple Weru Klima-Therm composición 4/12A/4/12A/4* con insuflación de gas Argón y tratamiento bajo emisivo, $U_g=0,7 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ según DIN EN ISO 10077-1, aislamiento acústico 33 dB, factor $g=53\%$ según DIN EN 410, transmisión luminosa 74% según DIN EN 410. Goma de marco y hoja continua. Coef. del distanciador de vidrio $\Psi=0,039 \text{ W/(mK)}$, incluso tapajuntas interiores.

Coef. U para toda la ventana $U_w=0,89 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ según DIN EN ISO 10077-1, Resistencia la viento, C5/B5 para ventanas de una hoja, C4/B4 para ventanas de dos hojas sin montante. Estanqueidad al agua clase E750. Permeabilidad al aire clase 4.

Se requerirán certificados por instituto externo del conjunto de la ventana según la norma EN-14351.

Montado sobre premarco de madera en obra según protocolo de montaje CASAS-WERU Passivhaus, cintas de hermeticidad según capa hermética, control de barrera de vapor y continuidad a la capa aislante.

8

8,00

8,00 754,91 6.039,28

02.18

u PUERTA PVC IM. MADERA/BLANCA 1,18x2,10 M

Ud. de suministro y colocación de Puerta de PVC WERU sistema AFINO-one MD de 1,18 x 2,20 m color blanco por el interior e imitación madera por el exterior, con perfil de 6 cámaras, grueso 86 mm en marco y hoja, refuerzo perimetral de acero galvanizado



conforme a normativa RAL GZ 716/1, Coef. $U_f=1,0 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ según EN ISO 10077-2. Acristalamiento triple Weru Klima-Therm composición 4/12A/4/12A/4* con insuflación de gas Argón y tratamiento bajo emisor, $U_g=0,7 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ según DIN EN ISO 10077-1, aislamiento acústico 33 dB, factor $g=53\%$ según DIN EN 410, transmisión luminosa 74% según DIN EN 410 y vidrios laminados con butiral en cara interior y/o exterior para protección frente a impactos según DB-SUA 1 punto 1.3. Goma de marco y hoja continua. Coef. del distanciador de vidrio $\Psi=0,039 \text{ W/(mK)}$, incluso tapajuntas interiores.

Coef. U para toda la ventana $U_w=0,89 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ según DIN EN ISO 10077-1, Resistencia al viento, C5/B5 para ventanas de una hoja, C4/B4 para ventanas de dos hojas sin montante. Estanqueidad al agua clase E750. Permeabilidad al aire clase 4.

Se requerirán certificados por instituto externo del conjunto de la ventana según la norma EN-14351.

Montado sobre premarco de madera en obra según protocolo de montaje CASAS-WERU Passivhaus, cintas de hermeticidad según capa hermética, control de barrera de vapor y continuidad a la capa aislante.

Entrada PB

1

1,00

1,00 1.525,31 1.525,31

02.19 Ud CLIMATIZADOR CONDUCTOS DAYKIN ADEQS60C

ud. Climatizador de conductos para servicio de calefacción y refrigeración DAYKIN ADEQS60C Sky air inverter con capacidad frigorífica 5,70 kW, capacidad calorífica 7,00 kW COP 4,00 EER 5,70 Caudal máximo de aire 1080 m³/h formada por una unidad exterior ARXS60L y una unidad interior ADEQ60C. Distancia máxima de conductos de gas y líquido 30 m desnivel máximo entre unidades de 20m. Diámetro de las conducciones de líquido y gas 1/4" y 1/2". Compresor rotativo, y sistema de sistema antihielo y desescarche. Mando a distancia por infrarrojos con programador, función frío, calor, deshumidificación y automático. Alimentación eléctrica monofásica 220V.

3

3,00

3,00 1.840,40 5.521,20

02.20 m Línea frigorífica doble realizada con tubería flexible de cobre

Suministro e instalación de Línea frigorífica doble realizada con tubería flexible de cobre sin soldadura, formada por un tubo para líquido de 1/4" de diámetro y 0,8 mm de espesor con aislamiento de 9 mm de espesor y un tubo para gas de 1/2" de diámetro y 0,8 mm de espesor con aislamiento de 10 mm de espesor. teniendo el cobre un contenido de aceite residual inferior a 4 mg/m y siendo el aislamiento de coquilla flexible de espuma elastomérica con revestimiento superficial de película de polietileno, para una temperatura de trabajo entre -45 y 100°C, suministrada en rollo, para conexión entre las unidades interior y exterior. Incluso p/p de cortes, eliminación de rebabas, protección de los extremos con cinta aislante, realización de curvas, abocardado, vaciado del circuito, carga de gas refrigerante, accesorios, sifones, soportes y fijaciones. Totalmente montada, conexionada y probada. Incluye: Replanteo del recorrido de la línea. Montaje y fijación de la línea. Montaje de accesorios. Vaciado para su carga. Carga del gas refrigerante.

Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.

Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.

P segunda

1

23,00

23,00

P primera

1

26,00

26,00



Treball de Final de Grau (TFG)
REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE UN HOSTAL

| | | | | | | | | |
|--------------|---|----|-------|------|-------|--------|----------|----------|
| | P baja | 1 | 20,00 | | 20,00 | | | |
| | | | | | | 69,00 | 13,67 | 943,23 |
| 02.21 | m² CANALIZACIÓN FIBRA VIDRIO CLIMAVER PLATA | | | | | | | |
| | m². Canalización de aire realizado con placas de fibra de vidrio Climaver | | | | | | | |
| | Plata de 25 mm, i/embocaduras, derivaciones, elementos de fijación y | | | | | | | |
| | piezas especiales, S/NTE-ICI-22. | | | | | | | |
| | Impulsión,P2-P1 | 2 | 1,00 | 1,10 | 2,20 | | | |
| | | 2 | 0,80 | 1,00 | 1,60 | | | |
| | | 2 | 7,60 | 1,00 | 15,20 | | | |
| | | 2 | 3,00 | 0,90 | 5,40 | | | |
| | | 2 | 3,70 | 0,80 | 5,92 | | | |
| | | 2 | 8,00 | 0,70 | 11,20 | | | |
| | | 2 | 6,30 | 0,80 | 10,08 | | | |
| | | 2 | 5,50 | 0,70 | 7,70 | | | |
| | | 10 | 1,00 | 0,70 | 7,00 | | | |
| | | 10 | 0,50 | 0,70 | 3,50 | | | |
| | Retorno, P2-P1 | 2 | 1,00 | 1,10 | 2,20 | | | |
| | | 2 | 1,00 | 1,10 | 2,20 | | | |
| | | 2 | 4,00 | 1,20 | 9,60 | | | |
| | | 2 | 3,20 | 1,00 | 6,40 | | | |
| | | 2 | 1,50 | 0,90 | 2,70 | | | |
| | | 2 | 2,00 | 0,80 | 3,20 | | | |
| | | 2 | 2,00 | 0,70 | 2,80 | | | |
| | | 2 | 1,50 | 0,70 | 2,10 | | | |
| | | 12 | 1,20 | 0,70 | 10,08 | | | |
| | | 6 | 0,80 | 0,70 | 3,36 | | | |
| | Impulsión PB | 1 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | | | |
| | | 1 | 3,50 | 1,00 | 3,50 | | | |
| | | 1 | 6,50 | 0,90 | 5,85 | | | |
| | | 1 | 3,20 | 0,80 | 2,56 | | | |
| | | 1 | 10,00 | 0,70 | 7,00 | | | |
| | | 6 | 0,70 | 0,70 | 2,94 | | | |
| | Retorno PB | 1 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | | | |
| | | 1 | 5,00 | 1,00 | 5,00 | | | |
| | | 1 | 5,00 | 0,90 | 4,50 | | | |
| | | 1 | 1,00 | 0,80 | 0,80 | | | |
| | | 1 | 3,00 | 0,70 | 2,10 | | | |
| | | 5 | 1,00 | 0,70 | 3,50 | | | |
| | | | | | | 154,19 | 29,97 | 4.621,07 |
| 02.22 | u REGULACIÓN CLIMATIZACIÓN AIRZONE PB | | | | | | | |
| | Ud. para suministro e instalación de sistema de regulación de la | | | | | | | |
| | instalación de climatización de la marca Airzone compuesto por los | | | | | | | |
| | siguientes elementos: | | | | | | | |
| | - 1 ud de centría de sistema Airzone Innobus PRO32 32Z | | | | | | | |
| | - 1 ud. de pasarela de comunicaciones Q-Adapt Daikin-Airzone | | | | | | | |
| | - 1 ud. de termostato inteligente Airzone Blueface 32Z | | | | | | | |
| | - 5 ud de termostato monocromo Airzone Lite | | | | | | | |
| | - 6 ud de módulo de zonificación 32Z cable Airzone para el control | | | | | | | |
| | de apertura-cierre del elemento motorizado y comunicación con el | | | | | | | |
| | termostato | | | | | | | |
| | - 6 ud de rejilla inteligente Airzone 250x150 aluminio lacado blanco | | | | | | | |
| | de impulsión de triple deflexión, con lamas horizontales | | | | | | | |
| | motorizadas con motor a 12 V y con regulación de caudal. | | | | | | | |
| | - 6 ud de rejilla Airzone simple deflexión retorno 250x150 en | | | | | | | |
| | aluminio lacado blanco | | | | | | | |
| | - Incluso p.p. de webserver Airzone Cloud Ethernet y cable bus | | | | | | | |
| | apantallado | | | | | | | |
| | | 1 | | | 1,00 | | | |
| | | | | | | 1,00 | 2.360,00 | 2.360,00 |



| | | | | | |
|-------|---|---|-------|-------|---------------------|
| 02.23 | Ud REGULACIÓN CLIMATIZACIÓN AIRZONE P1-P2 | | | | |
| | Ud. para suministro e instalación de sistema de regulación de la instalación de climatización de la marca Airzone compuesto por los siguientes elementos: - 1 ud de centría de sistema Airzone Innobus PRO32 32Z - 1 ud. de pasarela de comunicaciones Q-Adapt Daikin-Airzone - 1 ud. de termostato inteligente Airzone Blueface 32Z - 9 ud de termostato monocromo Airzone Lite - 10 ud de módulo de zonificación 32Z cable Airzone para el control de apertura-cierre del elemento motorizado y comunicación con el termostato - 10 ud de rejilla inteligente Airzone 250x150 aluminio lacado blanco de impulsión de triple deflexión, con lamas horizontales motorizadas con motor a 12 V y con regulación de caudal. - 10 ud de rejilla Airzone simple deflexión retorno 250x150 en aluminio lacado blanco - Incluso p.p. de webserver Airzone Cloud Ethernet y cable bus apantallado | | | | |
| | P1 | 1 | | 1,00 | |
| | P2 | 1 | | 1,00 | |
| | | | | 2,00 | 3.670,00 7.340,00 |
| 02.24 | Ud AEROTERMIA DAYKIN ALTHERMA 14 kW | | | | |
| | ud. bomba de calor aerotérmica de alta temperatura hasta 80 °C para ACS y calefacción DAYKIN altherma formada por una unidad exterior ERSQ014AV1 con un COP de 3,00 combinable con unidad interior hidrokit EKHBRD014ADV17 con 2 termos de acumulación de 500 l EKHP500B. Distancia máxima de conductos de gas y líquido 20 m desnivel máximo entre unidades de 15m. Diámetro de las conducciones de líquido y gas 1/4" y 3/8". Alimentación eléctrica monofásica 220V, inclusokit de drenaje y kit de conexión con depósitos. | | | | |
| | | 1 | | 1,00 | |
| | | | | 1,00 | 13.407,10 13.407,10 |
| 02.25 | m Línea frigorífica doble realizada con tubería flexible de cobre | | | | |
| | Suministro e instalación de línea frigorífica doble realizada con tubería flexible de cobre sin soldadura, formada por un tubo para líquido de 1/4" de diámetro y 0,8 mm de espesor con aislamiento de 9 mm de espesor y un tubo para gas de 3/8" de diámetro y 0,8 mm de espesor con aislamiento de 9 mm de espesor, teniendo el cobre un contenido de aceite residual inferior a 4 mg/m y siendo el aislamiento de coquilla flexible de espuma elastomérica con revestimiento superficial de película de polietileno, para una temperatura de trabajo entre -45 y 100°C, suministrada en rollo, para conexión entre las unidades interior y exterior. Incluso p/p de cortes, eliminación de rebabas, protección de los extremos con cinta aislante, realización de curvas, abocardado, vaciado del circuito, carga de gas refrigerante, accesorios, sifones, soportes y fijaciones. Totalmente montada, conexionada y probada. Incluye: Replanteo del recorrido de la línea. Montaje y fijación de la línea. Montaje de accesorios. Vaciado para su carga. Carga del gas refrigerante. Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto. | | | | |
| | PBC | 1 | 10,00 | 10,00 | |
| | | | | 10,00 | 12,45 124,50 |
| 02.26 | Ud SISTEMA VMC ZEHNDER 350 M3/H | | | | |
| | Ud. para suministro y colocación de sistema de ventilación | | | | |



mecánica controlada de Zehnder colocado según planos y formado por el siguiente material:

- 6 m de tubo Comfopipe DN 160 y 2 rejillas exterior DN160
- 4 uds de curva a 90 grados Comfopipe DN 160 incluso uniones macho - macho
- 22 m de tubo flexible aislado DN 160
- Recuperador Comfoair Q350 con kit de montaje
- 1 ud control Comfosense C55 con marco embellecedor
- 1 ud silenciador Comfowell 6 con placa de distribución Comfowell 6 (6x90)
- 82,5 m de tubo Comfotube 90 incluso tapones, juntas, racores de ensamblaje y regulador
- 12 uds. de boca CLD 90 con rejilla Venezia CLD blanca
- 1 ud. de puesta en marcha por parte de un técnico zehnder, con arranque, equilibrado y formación básica.

| | | | | |
|----|---|------|----------|----------|
| PB | 1 | 1,00 | | |
| | | 1,00 | 7.431,00 | 7.431,00 |

02.27 Ud SISTEMA VMC ZEHNDER 600 M3/H

Ud. para suministro y colocación de sistema de ventilación mecánica controlada de Zehnder colocado según planos y formado por el siguiente material:

- 6 m de tubo Comfopipe DN 180 y 2 rejillas exterior DN180
- 4 uds de curva a 90 grados Comfopipe DN 180 incluso uniones macho - macho
- 13 m de tubo flexible aislado DN 180
- Recuperador Comfoair Q600 con kit de montaje
- 1 ud control Comfosense C55 con marco embellecedor
- 1 ud silenciador Comfowell 10 con placa de distribución Comfowell 10 (10x90)
- 172 m de tubo Comfotube 90 incluso tapones, juntas, racores de ensamblaje y regulador
- 12 uds. de boca CLD 90 con rejilla Venezia CLD blanca
- 1 ud. de puesta en marcha por parte de un técnico zehnder, con arranque, equilibrado y formación básica.

| | | | | |
|----|---|------|----------|-----------|
| P1 | 1 | 1,00 | | |
| P2 | 1 | 1,00 | | |
| | | 2,00 | 9.500,00 | 19.000,00 |

TOTAL 02

157.587,02

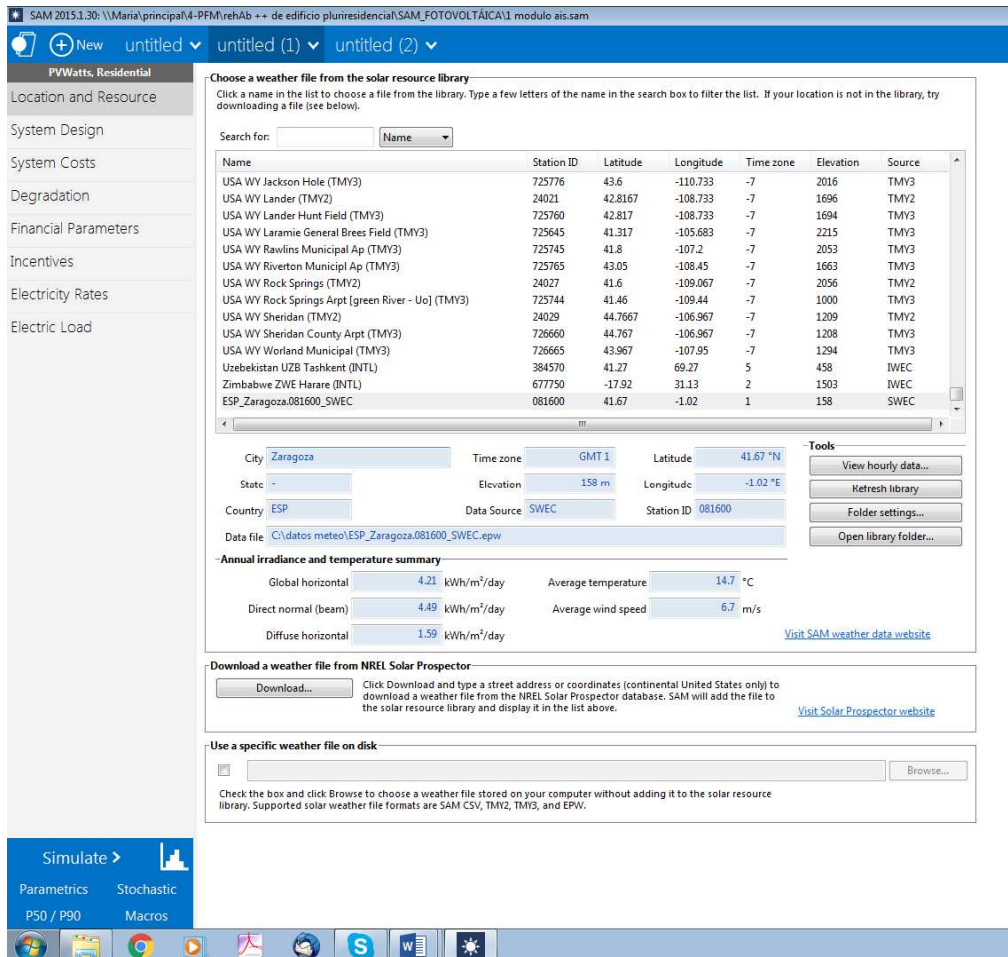
| 03 Caso III | | | |
|--|--|------|-------------------|
| Partidas 03.01 a 03.27 igual a las del caso II con un valor de | | | 157.587,02 |
| 03.28 | Ud SISTEMA FOTOVOLTAICO CON 18 PANELES 250 W | | |
| | Ud. para instalación de sistema de paneles fotovoltaicos compuesto por 18 paneles de 250 w colocados sobre la pendiente del tejado, incluso inversor, cuadro de mando y protección, cableado y baterías para almacenar la energía producida. | | |
| | 1 | 1,00 | |
| | | 1,00 | 13.400,00 |
| | | | 13.400,00 |
| 03.29 | SISTEMA 6 PANELES SOLAR TERMICA | | |
| | Ud. para suministro y colocación de una instalación solar térmica compuesta por los siguientes elementos: | | |
| | - 2 ud de 3 captadores solares Viessman Vitosol 200F con termo protect | | |
| | - 2 ud de estructura de soporte | | |
| | - 2 ud de accesorios de conexión para grupos de 3 colectores incluso tubos de unión, purgadores, etc. | | |
| | - 25 m de tubería de cobre 22/20 mm con p.p de codos, tes, uniones y coquilla armaflex de aislamiento | | |
| | - 25 m de tubería de cobre 15/13 mm con p.p de codos, tes, uniones y coquilla armaflex de aislamiento | | |
| | - 2 ud de bomba de circulación grundfos UPS 25-40 | | |
| | - 10 lt. de fluido caloportador tyfocor G-LS | | |
| | 1 | 1,00 | |
| | | 1,00 | 11.378,44 |
| | | | 11.378,44 |
| TOTAL 03 | | | 182.365,46 |

RESUMEN DE PRESUPUESTO

| | | |
|----|----------------|------------|
| 01 | Caso I | 81.184,54 |
| 02 | Caso II | 157.587,02 |
| 03 | Caso III | 182.365,46 |

Anexo 5. Resultados software SAM.

A continuación se muestran los cálculos realizados con el software SAM, así como el plano de ubicación de los paneles fotovoltaicos que puede albergar la cubierta del edificio objeto del estudio.



SAM 2015.1.30: \\Maria\principal\4-PFM\rehAb ++ de edificio pluriresidencial\SAM_FOTVOLTAICA\1 modulo ais.sam

+ New untitled untitled (1) untitled (2)

PVWatts, Residential

Location and Resource

System Design

System Costs

Degradation

Financial Parameters

Incentives

Electricity Rates

Electric Load

Simulate >

Parameters Stochastic

P50 / P90 Macros

Choose a weather file from the solar resource library

Click a name in the list to choose a file from the library. Type a few letters of the name in the search box to filter the list. If your location is not in the library, try downloading a file (see below).

Search for: Name

| Name | Station ID | Latitude | Longitude | Time zone | Elevation | Source |
|--|------------|----------|-----------|-----------|-----------|--------|
| USA WY Jackson Hole (TMY3) | 725776 | 43.6 | -110.733 | -7 | 2016 | TMY3 |
| USA WY Lander (TMY2) | 24021 | 42.8167 | -108.733 | -7 | 1696 | TMY2 |
| USA WY Lander Hunt Field (TMY3) | 725760 | 42.817 | -108.733 | -7 | 1694 | TMY3 |
| USA WY Laramie General Brees Field (TMY3) | 725645 | 41.317 | -105.683 | -7 | 2215 | TMY3 |
| USA WY Rawlins Municipal Ap (TMY3) | 725745 | 41.8 | -107.2 | -7 | 2053 | TMY3 |
| USA WY Riverton Municipal Ap (TMY3) | 725765 | 43.05 | -108.45 | -7 | 1663 | TMY3 |
| USA WY Rock Springs (TMY2) | 24027 | 41.6 | -109.067 | -7 | 2056 | TMY2 |
| USA WY Rock Springs Arpt [green River - Uo] (TMY3) | 725744 | 41.46 | -109.44 | -7 | 1000 | TMY3 |
| USA WY Sheridan (TMY2) | 24029 | 44.7667 | -106.967 | -7 | 1209 | TMY2 |
| USA WY Sheridan County Arpt (TMY3) | 726660 | 44.767 | -106.967 | -7 | 1208 | TMY3 |
| USA WY Worland Municipal (TMY3) | 726665 | 43.967 | -107.95 | -7 | 1294 | TMY3 |
| Uzbekistan UZB Tashkent (INTL) | 384570 | 41.27 | 69.27 | 5 | 458 | IWEC |
| Zimbabwe ZWE Harare (INTL) | 677750 | -17.92 | 31.13 | 2 | 1503 | IWEC |
| ESP_Zaragoza.081600_SWEC | 081600 | 41.67 | -1.02 | 1 | 158 | SWEC |

City: Zaragoza Time zone: GMT 1 Latitude: 41.67 °N

State: - Elevation: 158 m Longitude: -1.02 °E

Country: ESP Data Source: SWEC Station ID: 081600

Data file: C:\datos meteo\ESP_Zaragoza.081600_SWEC.epw

Tools

View hourly data...

Refresh library

Folder settings...

Open library folder...

Annual irradiance and temperature summary

Global horizontal: 4.21 kWh/m²/day Average temperature: 14.7 °C

Direct normal (beam): 4.49 kWh/m²/day Average wind speed: 6.7 m/s

Diffuse horizontal: 1.59 kWh/m²/day

Download a weather file from NREL Solar Prospector

Download... Click Download and type a street address or coordinates (continental United States only) to download a weather file from the NREL Solar Prospector database. SAM will add the file to the solar resource library and display it in the list above.

Use a specific weather file on disk

☐ Browse...

Check the box and click Browse to choose a weather file stored on your computer without adding it to the solar resource library. Supported solar weather file formats are SAM CSV, TMY2, TMY3, and EPW.

SAM 2015.1.30: C:\PRINCIPAL\Universidad de Lerida\TFG\hostal\SAM\zaragoza hostal.sam

+ New

zaragoza hostal

PVWatts, No financial

Location and Resource

System Design

System Parameters

| | |
|-----------------------|-------------|
| System nameplate size | 250 kWdc |
| Module type | Standard |
| DC to AC ratio | 1.1 |
| Rated inverter size | 227.27 kWac |
| Inverter efficiency | 96 % |

Orientation

| | |
|--|---|
| | Array type: Fixed open rack Tilt: 28 degrees Azimuth: 180 degrees Ground coverage ratio: 0.4 |
|--|---|

Losses

| | | | |
|----------|-----|---------------------------|-------|
| Soiling | 2 % | Connections | 0.5 % |
| Shading | 3 % | Light-induced degradation | 1.5 % |
| Snow | 0 % | Nameplate | 1 % |
| Mismatch | 2 % | Age | 0 % |
| Wiring | 2 % | Availability | 3 % |

☐ User-specified total system losses 1.4 %

Total system losses 14.08 %

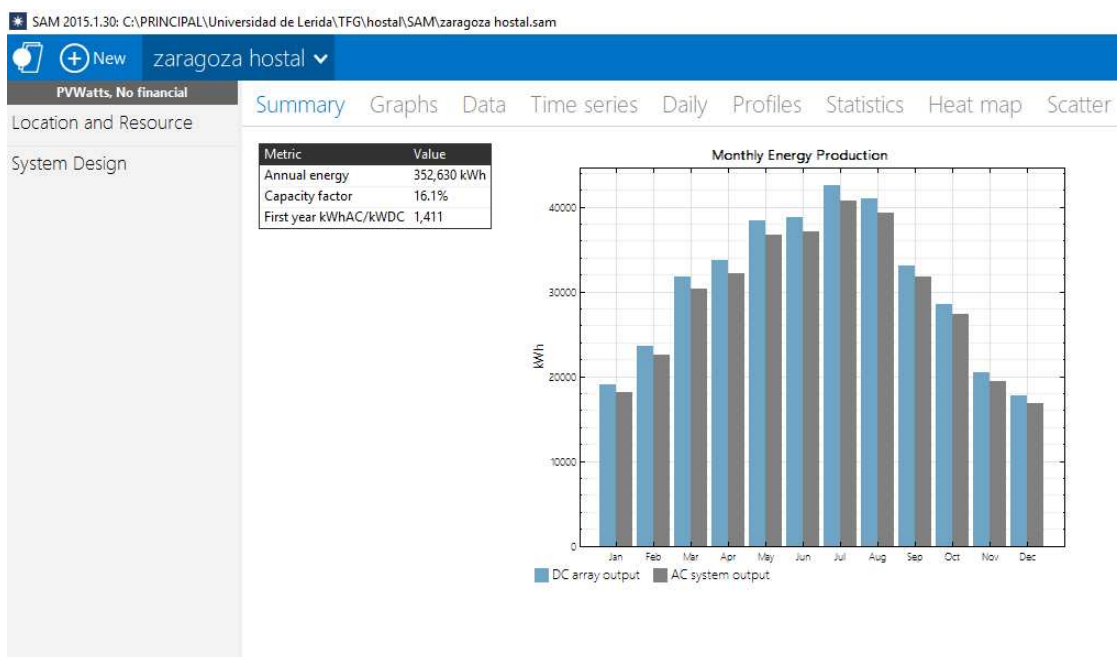
Shading

Edit shading losses Edit shading... Open 3D shade calculator...

Curtailement and Availability

Curtailement and availability factors are annual or hourly factors that modify system output to represent system outages or other events.

Edit losses... Annual loss: 0.0 %
Hourly losses: None
Custom periods: None



Anexo 6. Contribución solar mínima.

Caso II

La contribución solar mínima se podrá sustituir cuando se cubra el aporte energético necesario de ACS mediante el aprovechamiento de otra energía renovable. En este caso se va a utilizar aerotermia. A continuación se muestra la justificación mediante la comparación del consumo de energía primaria no renovable del sistema de ACS del edificio con el mismo consumo de un sistema de calefacción y ACS de referencia con caldera de gas natural con apoyo de la energía solar térmica.

Instalación de aerotermia

- Temperatura media del agua de red = 14,1 °C
- Consumo diario de ACS = 28 l/d x 48 personas = 1.344 l/d
- Demanda anual de ACS = 89198 MJ
- Demanda anual ACS = 24770 kWh

Se elige una bomba de calor aerotérmica con un COP de 3,00

- Consumo = $24770 / 3,00 = 8256,66 \text{ Kwh}$
- Factor de paso de electricidad a energía primaria no renovable = 1,954
- Consumo de energía primaria no renovable $8256,66 \times 1,954 = 16133,52 \text{ kWh}$
- Factor de paso de Kg CO2 electricidad a energía final = 0,331
- Emisiones de CO2 = $8256,66 \times 0,331 = 2732,95 \text{ Kg CO2}$

Instalación de referencia (caldera de gas + aporte solar)

Se elige un sistema con caldera de gas natural con aporte solar térmico. Calculamos el consumo de energía primaria no renovable del sistema de ACS considerando un aporte solar del 50 %.

- Rendimiento caldera gas = 91%
- Demanda anual ACS (caldera gas) = $24770 \times 0,50 = 12385 \text{ kWh}$

- Consumo ACS = $12385 / 0,91 = 13609,89$ Kwh
- Factor de paso de gas a energía primaria no renovable = 1,19
- Consumo de energía primaria no renovable $13609,89 \times 1,19 = 16195,77$ kWh
- Factor de paso de Kg CO2 gas natural a energía final = 0,252
- Emisiones de CO2 = $13609,89 \times 0,252 = 3429,69$ Kg CO2

La contribución solar mínima según marca la tabla 2.1 del HE 4 para una zona climática IV es del 50 %. Según se ha demostrado con el sistema planteado para ACS de este proyecto se produce un ahorro equivalente en consumo de energía primaria no renovable del **50 %**. Además este sistema produce un 20 % menos de emisiones de CO2 con respecto al sistema de referencia.

Caso III

Sistema solar térmico

Edificio en rehabilitación para hostel situado en Alcañiz (Latitud $41^{\circ} 3'$). El hostel cuenta con 24 habitaciones dobles. Se disponen de dos baterías de 3 captadores cada una sobre la cubierta, orientados al S (180°) y con un ángulo de inclinación de 45° . No existen en los alrededores obstáculos que puedan proyectar sombras sobre los captadores.

Caracterización y cuantificación de las exigencias

- Zona climática: IV
- Demanda total de ACS: 50 – 5000 (l/d)
- Contribución solar mínima: 50 % (Electricidad)
- Perdidas por orientación e inclinación: 10 %
- Perdidas por sombras: 10 %
- Total perdidas: 15 %
- Latitud: $41,03^{\circ}$ N
- Radiación solar global media diaria anual: 17.04 MJ/m²

Tipo de instalación

El sistema de captación solar para consumo de agua caliente sanitaria se caracteriza de la siguiente forma:

- Por el principio de circulación utilizado, clasificamos el sistema como una instalación con circulación forzada.
- Por el sistema de transferencia de calor, clasificamos nuestro sistema como una instalación con intercambiador de calor en el acumulador solar para cada una de las viviendas.
- Por el sistema de expansión, será un sistema cerrado.
- Por su aplicación, será una instalación para calentamiento de agua.

Condiciones climáticas

Para la determinación de las condiciones climáticas (radiación global total en el campo de captadores, temperatura ambiente diaria y temperatura del agua de suministro de la red) se han utilizado los datos recogidos en el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura editado por el IDAE.

| Mes | Radiación global (MJ/m ²) | Temperatura ambiente diaria (°C) | Temperatura de red (°C) |
|------------|---------------------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| Enero | 8.32 | 10 | 10 |
| Febrero | 11.77 | 11 | 11 |
| Marzo | 16.42 | 13 | 12 |
| Abril | 20.27 | 15 | 12 |
| Mayo | 23.00 | 19 | 14 |
| Junio | 26.17 | 24 | 17 |
| Julio | 27.32 | 27 | 20 |
| Agosto | 23.54 | 27 | 19 |
| Septiembre | 18.79 | 24 | 17 |
| Octubre | 12.85 | 18 | 16 |
| Noviembre | 8.78 | 13 | 12 |
| Diciembre | 6.95 | 11 | 10 |

Condiciones de uso

Teniendo en cuenta la tabla 4.1 del HE-4, se obtiene una demanda de 28 litros por persona y día, con una temperatura de consumo de referencia de 60 °C. Como la temperatura de uso se considera de 45 °C, distinta de 60 °C, debe corregirse este consumo medio de tal forma que la demanda energética final del sistema, para cada mes, sea equivalente a la obtenida con el consumo definido a la temperatura de referencia.

Para la corrección se ha utilizado la siguiente expresión:

$$C_i(T) = C_i(60^\circ C) \times \left(\frac{60 - T_i}{T - T_i} \right)$$

donde:

$C_i(T)$: Consumo de agua caliente para el mes i a la temperatura T elegida;

$C_i(60^\circ C)$: Consumo de agua caliente para el mes i a la temperatura de 60 °C;

T: Temperatura del acumulador final;

T_i: Temperatura media del agua fría en el mes i;

Para la ocupación total y con un coeficiente de simultaneidad de 1 se obtiene un consumo de referencia de 1.344 litros/día.

A partir de los datos anteriores se puede calcular la demanda energética para cada mes. Los valores obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

| Mes | Ocupación (%) | Consumo (m ³) | Temperatura de red (°C) | Salto térmico (°C) | Demanda (MJ) |
|------------|---------------|---------------------------|-------------------------|--------------------|--------------|
| Enero | 100 | 28.2 | 10 | 35 | 8282.66 |
| Febrero | 100 | 25.7 | 11 | 34 | 7332.90 |
| Marzo | 100 | 28.7 | 12 | 33 | 7954.48 |
| Abril | 100 | 27.8 | 12 | 33 | 7660.12 |
| Mayo | 100 | 29.3 | 14 | 31 | 7587.28 |
| Junio | 100 | 29.3 | 17 | 28 | 6866.12 |
| Julio | 100 | 31.6 | 20 | 25 | 6602.72 |
| Agosto | 100 | 31.1 | 19 | 26 | 6766.82 |
| Septiembre | 100 | 29.3 | 17 | 28 | 6866.12 |
| Octubre | 100 | 29.9 | 16 | 29 | 7298.10 |
| Noviembre | 100 | 27.7 | 12 | 33 | 7697.88 |
| Diciembre | 100 | 28.2 | 10 | 35 | 8282.66 |

La descripción de los valores mostrados, para cada columna, es la siguiente:

Ocupación: Estimación del porcentaje mensual de ocupación.

Consumo: Se calcula mediante la siguiente formula:

$$C = \frac{\%Ocup}{100} \cdot N_{mes} (dias) \cdot Q_{acs} (m^3 / dia)$$

Temperatura de red: Temperatura de suministro de agua (valor mensual en °C).

Demanda térmica: Expresa la demanda energética necesaria para cubrir el consumo necesario de agua caliente. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Q_{acs} = \rho \cdot C \cdot C_p \cdot \Delta T$$

siendo

Q_{acs}: Demanda de agua caliente (MJ).

ρ : Densidad volumétrica del agua (Kg/m^3).

C: Consumo (m^3).

C_p : Calor específico del agua ($\text{MJ}/\text{kg}^\circ\text{C}$).

ΔT : Salto térmico ($^\circ\text{C}$).

Determinación de la radiación

Para obtener la radiación solar efectiva que incide sobre los captadores se han tenido en cuenta que están orientados al sur (180°) y una inclinación de 45° . No se prevén sombras sobre los captadores.

Dimensionamiento de la superficie de captación

El dimensionamiento de la superficie de captación se ha realizado mediante el método de las curvas 'f' (F-Chart), que permite realizar el cálculo de la cobertura solar y del rendimiento medio para periodos de cálculo mensuales y anuales.

Se asume un volumen de acumulación equivalente, de forma aproximada, a la carga de consumo diario promedio. La superficie de captación se dimensiona para conseguir una fracción solar anual superior al 50%, tal como se indica el apartado 2.1, 'Contribución solar mínima', de la sección HE-4 DB-HE CTE.

El valor resultante para la superficie de captación de $15,48 \text{ m}^2$ (6 paneles de $2,58 \text{ m}^2$ de captación), y para el volumen de captación de 1.000 l .

Los resultados obtenidos se resumen en la siguiente tabla:

| Mes | Radiación global (MJ/m^2) | Temperatura ambiente diaria ($^\circ\text{C}$) | Demanda (MJ) | Energía auxiliar (MJ) | Fracción solar (%) |
|------------|--|---|--------------|--------------------------|-----------------------|
| Enero | 8.32 | 10 | 8282.66 | 5065.40 | 39 |
| Febrero | 11.77 | 11 | 7332.90 | 3598.80 | 51 |
| Marzo | 16.42 | 13 | 7954.48 | 2919.10 | 63 |
| Abril | 20.27 | 15 | 7660.12 | 2358.14 | 69 |
| Mayo | 23.00 | 19 | 7587.28 | 2057.06 | 73 |
| Junio | 26.17 | 24 | 6866.12 | 1249.48 | 82 |
| Julio | 27.32 | 27 | 6602.72 | 578.24 | 91 |
| Agosto | 23.54 | 27 | 6766.82 | 836.26 | 88 |
| Septiembre | 18.79 | 24 | 6866.12 | 1347.82 | 80 |
| Octubre | 12.85 | 18 | 7298.10 | 2593.10 | 64 |
| Noviembre | 8.78 | 13 | 7697.88 | 4129.30 | 46 |
| Diciembre | 6.95 | 11 | 8282.66 | 5409.16 | 35 |

Cálculo de la cobertura solar

La instalación cumple la normativa vigente, ya que la energía producida no supera, en ningún mes, el 110% de la demanda de consumo, y no hay una demanda superior al 100% para tres meses consecutivos.

La cobertura solar anual conseguida mediante el sistema es igual al **64%**.

- Superficie del captador: 15,48 m² (6 captadores)
- Volumen de acumulación: 1000 l ($50 < 1000/15,48 < 180$, cumple RITE)
- Necesidades energéticas anuales: 89.198 MJul
- Captación anual (15,48 m²): 57.056 MJul
- Cobertura solar: 64 % - Cumple
- Pérdidas por orientación e inclinación: 0,19 % - Cumple
- Pérdidas por sombras: 0,00 % - Cumple
- Pérdidas totales: 0,19 % - Cumple

Como hemos demostrado para el caso II la instalación de aerotermia produce un ahorro del 50% en el consumo de energía primaria no renovable, con lo que si la instalación solar térmica produce un ahorro del 64% y sumamos la mitad por la aerotermia podemos decir que el sistema de solar térmica más aerotermia produce un ahorro del **82%**.